

10/561426

PCT/JP2004/008620

26.07.2004

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

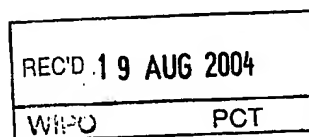
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application: 2003年 6月30日

出願番号
Application Number: 特願2003-189133
[ST. 10/C]: [JP2003-189133]

出願人
Applicant(s): 株式会社セルクロス

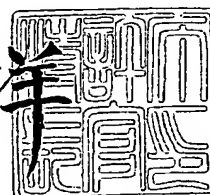


PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2004年 7月20日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小川 洋



BEST AVAILABLE COPY

出証番号 出証特2004-3062479

【書類名】 特許願
【整理番号】 Z016-0006
【提出日】 平成15年 6月30日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 B25J 19/02
G01L 1/00
H04B 14/00

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県我孫子市泉 3 8 - 6 - 1 0 3

【氏名】 松本 圭司

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市高津区末長 3 2 5 - 2 2 マイキャッス
ル溝の口ヴィレッジ 3 0 3

【氏名】 篠田 裕之

【発明者】

【住所又は居所】 東京都練馬区桜台 4 - 2 3 - 7

【氏名】 浅村 直也

【発明者】

【住所又は居所】 東京都八王子市みなみ野 1 - 1 1 - 4 - 4 1 3

【氏名】 王 欣雨

【特許出願人】

【識別番号】 503054096

【氏名又は名称】 株式会社セルクロス

【代理人】

【識別番号】 100105924

【弁理士】

【氏名又は名称】 森下 賢樹

【電話番号】 03-3461-3687

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 091329

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 通信装置および通信装置の製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 複数の通信素子を備える通信装置であって、隣接する通信素子でグループを構成し、さらに隣接するグループで階層的にグループを構成して、階層的に構成される各グループ内で設定されるグループ ID を利用することで、通信素子の通信装置内における装置 ID を取得することを特徴とする通信装置。

【請求項 2】 各通信素子の通信距離は周辺に配置された他の通信素子と局所的な通信を行える程度に設定されていることを特徴とする請求項 1 に記載の通信装置。

【請求項 3】 グループは、M 個以下の要素により構成されることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の通信装置。

【請求項 4】 グループは、2 個の要素により構成されることを特徴とする請求項 3 に記載の通信装置。

【請求項 5】 各通信素子は、乱数により生成される初期識別番号を利用して、装置 ID を取得することを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれかに記載の通信装置。

【請求項 6】 階層的な N 次のグループを構成する (N-1) 次のグループ間において、直接信号を送受信できる関係にある通信素子が結合素子として少なくとも一組存在することを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれかに記載の通信装置。

【請求項 7】 自分が属する N 次から 1 次までのグループについて、結合素子の ID を通信素子内部のテーブルに保存しておくことで、次に信号を転送すべき通信素子を決定することを特徴とする請求項 6 に記載の通信装置。

【請求項 8】 隣接素子の ID を記録したテーブルをもち、目的地の通信素子の ID と近い関係にある通信素子が近傍に存在する場合に、その通信素子に信号を転送することを特徴とする請求項 1 から 7 のいずれかに記載の通信装置。

【請求項 9】 グループ化に失敗した通信素子も、階層構造に組み込めるよ

うにした請求項 1 から 8 のいずれかに記載の通信装置。

【請求項 10】 通信素子を導電性シート上に配置し、そこに絶縁性の材料と導電性の材料を交互にスプレー塗布することにより通信装置を製造する方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、複数の通信素子を備えた環境における通信技術に関する。

【0002】

【従来の技術】

LAN (Local Area Network) や WAN (Wide Area Network) などの通信ネットワークにおいて、複数の通信端末が同軸ケーブルや光ファイバなどにより接続されている。これらの通信端末は、ネットワーク中のアドレスを指定することにより、所望の通信端末に信号を伝達する。従来のネットワークは、通信端末同士を有線にて接続することが一般であり、近年では、これを無線で接続するシステムも提案されている。例えば、移動デバイスであるノードの全てが所定の伝送半径をもち、ノード間で無線通信を行うアドホックネットワークが提案されている (例えば、特許文献 1 参照)。

【0003】

【特許文献 1】

特開 2001-268127 号公報

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

通信ネットワークや実装基板においては端末や素子などを個別配線により一対一の関係で物理的に接続しているため、仮に配線が切断された場合には信号を伝達することができなくなり、通信機能が停止する事態も生じうる。

【0005】

そこで本発明は、このような従来の問題を解決するべく、通信装置に関する新規な通信技術を提供し、さらには通信装置における通信素子の識別番号の設定技術を提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するために、本発明のある態様は、複数の通信素子を備える通信装置であって、隣接する通信素子でグループを構成し、さらに隣接するグループで階層的にグループを構成して、階層的に構成される各グループ内で設定されるグループIDを利用することで、通信素子の通信装置内における装置IDを取得することを特徴とする通信装置を提供する。各通信素子の通信距離は周辺に配置された他の通信素子と局所的な通信を行える程度に設定される。

【0007】

グループは、M個以下の要素により構成されることが好ましい。またグループは、2個の要素により構成されることが好ましい。

【0008】

各通信素子は、乱数により生成される初期識別番号を利用して、装置IDを取得してもよい。階層的なN次のグループを構成する(N-1)次のグループ間において、直接信号を送受信できる関係にある通信素子が結合素子として少なくとも一組存在することが好ましい。自分が属するN次から1次までのグループについて、結合素子のIDを通信素子内部のテーブルに保存しておくことで、次に信号を転送すべき通信素子を決定してもよい。

【0009】

隣接素子のIDを記録したテーブルをもち、目的地の通信素子のIDと近い関係にある通信素子が近傍に存在する場合に、その通信素子に信号を転送することが好ましい。またグループ化に失敗した通信素子も、階層構造に組み込むことが好ましい。

【0010】

本発明の別の態様は、通信素子を導電性シート上に配置し、そこに絶縁性の材料と導電性の材料を交互にスプレー塗布することにより通信装置を製造する方法を提供する。

【0011】

なお、本発明の表現を装置、方法、システムまたはプログラムの間で変換した

ものもまた、本発明の態様として有効である。

【0012】

【発明の実施の形態】

<第1の実施の形態>

図1は、本発明の第1の実施の形態に係る通信技術の方式を説明するための図である。図1には、小さな円で示す複数の通信素子が空間内に分散して配置されている状態が示される。各通信素子は、その周辺に配置された他の通信素子に対して信号を伝達する局所的な通信機能を有する。この局所的な通信により隣り合う通信素子間で信号を順次連鎖的に中継し、最終目的地である通信素子まで信号を伝達する。この通信方式を連鎖伝達型の通信方式と呼ぶ。

【0013】

信号の送信元が通信素子200aであり、最終目的地が通信素子200bである場合、連鎖伝達型通信方式によると、信号が通信素子200aから通信素子200cおよび200dを介して通信素子200bに伝達される。信号の伝達方法としては、例えば通信素子200aが、信号が届く範囲にある周辺の全ての通信素子に信号を伝達し、この信号を受けた全ての通信素子が更に周辺の通信素子に信号を伝達することによって、信号を最終目的地まで同心円状に伝達させてもよい。さらに好ましい方法としては、通信素子200aおよび200b間の経路を予めまたはリアルタイムで設定し、この経路により特定の通信素子のみを介して信号を伝達してもよい。特に後者の方法を採用する場合には、信号伝達に必要な通信素子のみが発信するため、電力消費を少なくすることができ、また他の通信素子の通信に対する干渉を低減することも可能となる。連鎖伝達型の通信方式における信号伝達の方法の一例は後述する。

【0014】

本発明による通信装置は、空間内に複数の通信素子を配置し、この空間内には通信素子間を物理的に接続するための個別配線が形成されていないことが好ましい。例えば、これらの通信素子は、平坦な導電層または導電性基板、交流信号を伝達可能な電磁作用伝達層などに接続され、これらの層または基板を介して通信素子間における信号の伝達が行われてもよい。導電層や電磁作用伝達層は、シリ

コンウェハ上に形成されてもよい。信号の送信は、導電層における電荷の放出により実現されてもよい。ここで通信素子は、チップとして構成されるものに限定されず、本発明の実施の形態において説明する通信機能を備えたものを含む概念であり、その形態および形状は問わない。

【0015】

各通信素子は、信号の伝達可能な距離（以下、「有効通信距離」とも呼ぶ）を比較的短く設定されていることが好ましい。信号の通信距離を長くすることは、それだけ電力消費量を大きくし且つ通信に寄与しない他の通信素子に対して悪影響を及ぼす可能性がある。連鎖伝達型の通信方式によると、自身の近傍に存在する通信素子に信号を伝達できれば十分であるため、有効通信距離は周辺の通信素子までの平均距離に応じて設定されることが好ましい。

【0016】

本発明の通信技術は、様々な用途に応用することができる。例えば、LSIやメモリなどの電子部品（回路素子）に本発明の通信機能をもたせることによって、各電子部品を個別に配線することなく、複数の電子部品を基板実装する技術を提供することが可能である。また、近年、皮膚の感覚を持つロボットの研究が盛んに行われているが、ロボットの触覚センサに本発明の通信機能をもたせ、触覚センサの検知情報をロボットの頭脳コンピュータに送信する技術を提供することも可能である。また建物の床に本発明の通信機能を有するセンサを点在させることにより、一人暮らしの老人の行動を監視したり、留守中の防犯に役立てることも可能である。また、発光素子に本発明の通信機能をもたせることにより、布状の表示装置などを製造することも可能となる。また、タグに本発明の通信機能をもたせることにより、安価で精度のよい情報の読み取りを可能とするタグを作製することも可能となる。さらに無線通信素子に本発明の通信機能をもたせて例えばコンピュータにそれを装備させ、無線通信素子の近傍に相手方のコンピュータの無線通信素子を配置することによって、コンピュータ間の情報の送受信を容易に行うことも可能となる。また自動車の導電性内壁に本発明の通信機能を備えた通信素子を埋め込み、煩わしい個別配線を不要とした通信装置を実現することも可能となる。

【0017】

この通信技術は、比較的短い距離に配置された通信素子間で信号を伝達するため、距離による信号の減衰および劣化が少なく、高いスループットでノード数によらない高速伝送を可能とする。また空間内に多くの通信素子を分散して配置させることにより、センサなどの所定の機能をもつチップとの情報交換媒体として広範囲の信号伝達領域を実現する。また、通信素子を比較的自由的な位置に配置することができるため、簡易な設計により所望の機能を備えた人工皮膚や表示装置などを生成することも可能である。また配線などの基板回路設計を不要とし、少ないプロセスで基板回路を製造することも可能である。通信素子を導電層で挟持する場合には電磁ノイズ放射がなくなるため、特に病院などの公共性の高い場所においてはその有用性が高い。さらに、導電層などに障害が生じた場合であっても、チップ間の経路を再設定することができ、新たな通信経路を確立することができるという自己修復機能もあわせ持つ。

【0018】

図2は、本発明の第1の実施の形態にかかる通信装置100の外観構成の一例を示す。この通信装置100においては、複数の通信素子200が2枚の導電層16および18によって挟持されている。各通信素子200は、この2枚の導電層16および18に電磁的に接続される。導電層16および18は、単層構造を有していても、また多層構造を有していてもよく、この例では二次元的に一面に広がった構成を有している。図2は、通信素子200が挟持されていることを説明するために、導電層16と導電層18とが開いた状態を示す。

【0019】

例えば、本発明による通信装置100をロボットの表面を覆う人工皮膚として応用する場合、導電層16および18を導電性のゴム材料により形成する。可撓性のあるゴム材料で人工皮膚を形成することにより、この人工皮膚はロボットの動作に合わせて自在に伸縮することが可能となる。また、個別配線が存在せず、伸縮性のある導電層16および18を介して信号を伝達するため、断線などにより通信機能に障害が生じる可能性を低減し、安定した通信能力を提供できる。また本発明による通信装置100を回路基板として応用する場合、導電層16および

18を導電性のゴム材料で形成することによって、フレキシブルな回路基板を実現することも可能となる。

【0020】

各通信素子200は通信機能以外に、さらに他の機能を有していてもよい。通信装置100をロボットの人工皮膚として応用する場合には、通信素子200のいくつかが触覚センサとしての機能も有し、外部から受けた刺激を検出した後、他の通信素子と協同して検出した信号を目的の通信素子まで伝達する。また通信装置100を基板の実装技術として応用する場合には、通信素子200が、例えばLSIやメモリなどの回路素子としての機能を有していてもよい。このように、本明細書において「通信装置」は少なくとも通信機能を有する装置の意味で用い、これに付加した他の機能、例えば人工皮膚としてのセンサ機能や電子回路としての演算機能などを有していてもよいことは、当業者に理解されるところである。

【0021】

図3は、通信素子200の機能ブロック図である。通信素子200は、通信部50、処理部60およびメモリ70を備える。通信部50は、導電層16および18（図2参照）を介して、他の通信素子との間で信号の送受を行ってもよい。また、図2に示していないが、通信装置100は、通信素子200の周囲に配置されて、導電層16および18に挟持される誘電層を備え、通信部50が、この誘電層に発生する電場または電磁場により他の通信素子200との間で信号の送受を行ってもよい。処理部60は、通信素子200の通信機能を制御する。具体的に処理部60は、周囲の信号の監視、受信信号の解析や、送信信号の生成および送信タイミングの制御など、他の通信素子200との間の信号伝達に関する処理を行う。また処理部60は、センサ機能や演算機能など通信機能以外の他の機能を実現してもよい。メモリ70は、通信機能や他の機能を実現するために必要な情報を予め記録し、また必要に応じて記録していく。

【0022】

図4（a）は、通信装置100の断面を示し、局所的通信を実現する通信デバイス300の構造の一例を説明するための図である。本明細書において「通信デバイス」は、局所的な通信機能を実現する構造の意味で用いる。

【0023】

この例において通信デバイス300は、第1信号層20および第2信号層30と、第1信号層20および第2信号層30に電磁的に接続する通信素子200と、第1信号層20および第2信号層30の間に配置される誘電層22とを備える。図示のごとく、第1信号層20および第2信号層30は、誘電層22および複数の通信素子200を挟持する。通信素子200と誘電層22は、電磁的に接続する。第2信号層30は接地されたグランド層であってもよい。

【0024】

通信デバイス300は、信号を発信するために、第1信号層20および第2信号層30の通信素子200側の表面から、電荷の吸出しおよび放出を繰り返し、交流電流Iを発生させる。層厚などの条件を適宜定めることにより、交流電流Iにより発生する電場や電磁場を誘電層22に閉じ込めることができ、電磁波動を誘電層22内で2次元放射状に伝達させることができる。第1信号層20および第2信号層30に流れる電流は、誘電層22側の表面付近のみを流れ、第1信号層20および第2信号層30の電気伝導率によって、電磁波動の伝達距離がきまる。これらの電気伝導率が大きいくほど、減衰は小さく、伝達距離、すなわち有効通信距離が長くなる。

【0025】

第1信号層20および第2信号層30は、金属や導電性ゴム材料などの導体により構成されてよいが、誘電体により構成されてもよい。第1信号層20および第2信号層30が誘電体で構成される場合、第1信号層20および第2信号層30は、誘電層22の誘電率よりも小さい誘電率を有する材料から構成される。これにより、誘電層22内に電場や電磁場を閉じ込めることが可能となる。なお、第1信号層20および第2信号層30は、空気や真空のような構成をとってもよい。

【0026】

また電場や電磁場を発生させる交流電流Iは、均一な電流であってもよいが、変位電流であってもよい。なお電磁場を発生させるために、レーザーやLEDによる光などの電磁波を用いることも可能である。

【0027】

図4(b)は、局所的通信を実現する通信デバイス300の構造の別の例を説明するための図である。この例では、通信デバイス300が、第1信号層20および第2信号層30と、第1信号層20および第2信号層30に電磁的に接続する通信素子200と、第1信号層20および第2信号層30の間に配置される誘電層22aおよび22bと、誘電層22aと誘電層22bとの間に配置される導電層24を備える。通信デバイス300がこのような構造をとった場合であっても、通信素子200中に交流電流を発生させることにより、電場または電磁場を利用した通信が可能となる。

【0028】

図5(a)は、実施の形態における通信デバイス300が信号を発信する基本原理を説明するための図である。通信デバイス300は、スイッチ26を交互に切り替えて、第1信号層20および第2信号層30の間で電荷の吸出し、放出を行い、交流電流を生じさせることにより、電磁場を発生させる。この電磁場は、第1信号層20および第2信号層30に挟持される誘電層22中を伝わって、近傍に位置する通信デバイス300まで伝達される。

【0029】

図5(b)は、通信デバイス300が信号を発信する原理の別の例を説明するための図である。通信デバイス300は、一組のスイッチ26aおよびスイッチ26bを同時に交互に切り替えることにより、第1信号層20および第2信号層30の間に交流電流を発生させ、電磁場を発生させる。

【0030】

図6は、通信素子200を備えた通信デバイス300の具体的な実現例を示す。この通信デバイス300は、グランド層である第2信号層30および電源層44と、第2信号層30および電源層44に電磁的に接続する通信素子200と、第2信号層30および電源層44の間に積層された誘電層22、第1信号層20、誘電層43を備える。図示のごとく、第2信号層30、誘電層22、第1信号層20、誘電層43および電源層44は、この順に積層される。通信素子200は、誘電層22および誘電層43に、電場または電磁場を発生させることにより

信号を発信する。通信素子 200 は、第 2 信号層 30 および電源層 44 に挟持され、周囲を誘電層 22、第 1 信号層 20 および誘電層 43 に囲まれて構成される。誘電層 22、第 1 信号層 20 および誘電層 43 は、通信素子 200 に電磁的に接続している。この構造により、通信素子 200 は、誘電層 22 および誘電層 43 における電場または電磁場をそれぞれ検出し、誘電層 22 および誘電層 43 における電場または電磁場の差分を検出することによって、信号を高い精度で検出することが可能となる。差分をとることにより、外部から混入するノイズの影響を最小とすることができ、SN 比をあげることができる。第 1 信号層 20 と、電源層 44 および第 2 信号層 30 の間に図 5 (a) のようなスイッチ 26 を設けることにより、第 1 信号層 20 と電源層 44、および第 1 信号層 20 と第 2 信号層 30 の間をショートすることができ、第 1 信号層 20 の電位をふりやすくなる。これは、通信素子 200 が電源層 44 およびグランド層である第 2 信号層 30 に接続したことの利点である。

【0031】

図 7 (a) は、通信デバイス 300 を実現する回路動作の概要を示す。通信デバイス 300 は半導体製造技術を用いてシリコン上に形成されてもよい。通信デバイス 300 は、pMOS と nMOS を並列接続した MOS スイッチなどのスイッチ 26 を有し、スイッチ 26 は、通信素子 200 と、グランド層である第 2 信号層 30 および電源層 44 との電磁的な接続を交互に切り替える。具体的には、スイッチ 26 が、送信すべき信号の論理値に応じて、第 1 信号層 20 および第 2 信号層 30 の接続と、第 1 信号層 20 および電源層 44 の接続とを切り替え、電磁波動として信号を発信する。なお、既述のごとく、第 1 信号層 20 と第 2 信号層 30 の間には誘電層 22 が設けられ、また、同様に、第 1 信号層 20 と電源層 44 との間には、別の誘電層 43 が設けられる。入力部 52 には、送信すべき信号の論理値に応じた電圧が印加され、スイッチ 26 によるスイッチング動作が実行される。通信素子 200 内の処理部 60 (図 3 参照) が入力部 52 に入力信号を供給する。

【0032】

スイッチ 26 によるスイッチング動作の結果、第 1 信号層 20 から第 2 信号層

30に、また電源層44から第1信号層20に電流が発生し、第1信号層20と第2信号層30の間に存在する誘電層22、および電源層44と第1信号層20の間に存在する誘電層43において、2次元放射状に広がる電場または電磁場が発生する。この電場または電磁場は、隣接する通信素子200に伝播される。

【0033】

隣接する通信素子200は、電場または電磁場の変化を観測し、信号を検出する。隣接する通信素子200は、誘電層22において発生した電場または電磁場から信号を検出してもよく、また誘電層43において発生した電場または電磁場から信号を検出してもよい。なお、既述のごとく、通信素子200は、誘電層22および誘電層43の両方において発生した電場または電磁場から信号を検出してもよい。誘電層22および誘電層43における電場または電磁場をそれぞれ検出し、誘電層22および誘電層43における電場または電磁場の差分を検出することによって、外部から混入するノイズの影響を最小とすることができ、SN比をあげることができる。

【0034】

図7(b)は、第1信号層20に印加する交流電圧の振幅を制限する回路の例を示す。電源層44および第2信号層30から第1信号層20に電圧を印加する電力経路のそれぞれに、電圧を制限するための電圧制限素子54、この例ではダイオード列を配置させる。電圧制限素子54として、1個または複数個のダイオードを順方向にそれぞれの電力経路に挿入することにより、第1信号層20に印加する電圧を制限することができる。電圧制限素子54を設けない場合、第2信号層30からのグランド電圧(0[V])と、電源層44からの電源電圧(E [V])とが交互に第1信号層20に印加されるが、第2信号層30からの電力経路と電源層44からの電力経路にそれぞれ n 個のダイオード列を順方向に挿入した場合には、第1信号層20には、 ne [V]と $(E-ne)$ [V]の電圧が交互に印加されることになる。ここで e [V]は、ダイオードの順方向電圧を示す。

【0035】

電圧制限素子54を設けることにより、電源電圧が信号発信に必要な電圧より

も十分高い場合であっても、印加電圧を必要なレベルにまで下げることが可能となる。また、電圧制限素子 54 を電力経路に挿入することによって、電流量が減るため、消費電力を下げることができ、通信デバイス 300 の省電力化に寄与することになる。なお、第 2 信号層 30 と第 1 信号層 20 の間に設けられる電圧制限素子 54 a と、電源層 44 と第 1 信号層 20 の間に設けられる電圧制限素子 54 b の抵抗値は異なってもよい。

【0036】

図 8 (a) は、通信素子 200 の具体的な構成例を示す。通信素子 200 は、上述の通信機能を備えた LSI として構成され、図 8 (a) は、第 1 信号層 20 に接触する LSI の上面を示している。通信素子 200 は、図 3 に示した処理部 60 およびメモリ 70 の各機能を備えたデジタル回路 202 を有する。円形の電極 204 は通信部 50 として作用する。なお、通信素子 200 の実装に際して、電極 204 は小さく形成されることが好ましい。図示しない LSI の裏面の電極は、第 2 信号層 30 と電磁的に接続されている。電極 204 は、スイッチ 26 (図 5 または図 7 参照) のスイッチング動作により、第 1 信号層 20 を介して電源層 44 から電源電圧を印加され、また裏面の第 2 信号層 30 からグランド電圧を印加される。既述のごとく、通信素子 200 は、スイッチ 26 を交互にスイッチして、交流電流を発生することで、電場または電磁場を変化させ、信号を発信する。

【0037】

図 8 (b) および図 8 (c) は、通信素子 200 による信号発信の原理を説明するための図である。図中、S で示す領域は、通信素子 200 の電極 204 を示す。第 1 信号層 20 および第 2 信号層 30 の導電率を σ とし、誘電層 22 の誘電率を ϵ_0 とする。既述のごとく、誘電層 22 が、第 1 信号層 20 および第 2 信号層 30 に挟まれた構造につき考察する。なお、図 8 (b) および図 8 (c) では、誘電層 22 の図示を省略している。この構造において、電磁波動を発生し、発生した電磁波動を、誘電層 22 中に伝達させる。

【0038】

図示のごとく、円柱座標をとり、各層に垂直方向の z 軸まわりの解を求める。

円柱座標の原点を、円形の電極 204 の中心点の垂直下方向であって、且つ第 1 信号層 20 の下面と第 2 信号層 30 の上面との中間点にとる。第 1 信号層 20 と第 2 信号層 30 の間隔、すなわち誘電層 22 の厚さを $2d$ 、電極 204 の半径を r_0 とする。 z 軸に対称な解においては、磁場ベクトル B は θ 成分のみをもち、それを $B(r, z)$ と表現する。このような構造において、通信素子 200 内において、第 1 信号層 20 から第 2 信号層 30 に、半径 r_0 の円柱表面に沿って電流を流すものとする。なお、電流経路は厳密な円柱形状である必要はなく、また厳密に均一な電流が流れることまでは必要としない。 z 軸を対称軸とする半径 r の円柱面を外に向かって横切る表皮電流の総和を $I(r)$ と表現する。電磁波動の周波数を ω とすると、一般解は、以下のように表現される。なお、第 1 信号層 20 および第 2 信号層 30 とともに導体とし、以下の発信原理の説明において、それぞれの層を区別せずに、導体層と呼ぶ。

【数 1】

$$\begin{bmatrix} B(r, z) [\text{導体層}: z > d] \\ B(r, z) [\text{誘電層}: z \leq d] \\ I(r)/2\pi r \end{bmatrix} = B_0 H_1^{(2)}(kr) \begin{bmatrix} \exp\{p(z-d)\} \\ 1 \\ 1/\mu \end{bmatrix}$$

B_0 は磁場の強さを表す定数である。ここで、上記一般解における各パラメータの値を、以下のように設定する。

【数 2】

$$\text{Re}[k] = \omega/c$$

$$\text{Im}[k] = -\frac{1}{d} \sqrt{\frac{\epsilon_0 \omega}{8\sigma}}$$

$$\text{Re}[p] = -\frac{1}{c} \sqrt{\frac{\sigma \omega}{2\epsilon_0}}$$

$\text{Re}[k]$ は、誘電層 22 中の電磁波動の波数であり、 c は誘電層 22 における光速である。 $\text{Im}[k]$ は伝播する電磁波動の減衰を与えるパラメータである。 $\text{Re}[p]$ は表皮深さを与えるパラメータである。

【0039】

また、

$$H_1(2)(z) \equiv J_1(z) - jN_1(z)$$

である（ハンケル関数）。

【0040】

なお、マイクロ波を伝達し、上記の解が成立するためには、以下の条件を満たす必要がある。

- 1) $|\sigma/\omega| \gg \epsilon_0$ (σ は導体層の導電率) を満たすこと。
- 2) 表皮深さが導電層の厚みよりも小さいこと。
- 3) 減衰距離が、その周波数に対応する真空中の電磁波長よりも大きいこと。すなわち、 $-\text{Im}[k]$ が $\text{Re}[k]$ と同程度か、それより小さいこと。
- 4) 導電層の間隔が、

【数3】

$$\left[\frac{\omega \epsilon_0}{\sigma} \right]^{1.5} \ll \left| \frac{\omega d}{c} \right| \ll \sqrt{\frac{\sigma}{\omega \epsilon_0}}$$

を満たすこと。

なお、透磁率は誘電層 22、導体層ともに μ であることと仮定した。

【0041】

以上の伝達条件を満たすことにより、誘電層 22 において 2 次元放射状にマイクロ波を伝達させることが可能となる。例えば、周波数を 10~100GHz 程度、伝達距離を 10cm 程度、 $d=1\sim 0.1\text{mm}$ 程度とすることにより、以上のマイクロ波伝達条件を満足するような導電率の材料を容易に見つけることができる。なお、表皮深さが導電層の厚みよりも大きい場合であっても電磁作用は伝達するが、その場合には、電磁波は、導電層の外にも漏出することになる。

【0042】

電磁波動をマイクロ波として伝達することにより信号伝達速度は光速となる。このように、本実施の形態における通信装置 100 は、1 ビットの情報を送るのに 1 波長分程度の幅をもったリング状の電磁場を生成し、この電磁場を利用して

通信を行うため、少ない消費電力で 1 GHz をこえる信号伝達を行うことが可能となる。これにより、通信装置 100 は、コンピュータなどのクロックと同期して高周波数の論理信号を送送可能となる。

【0043】

中心から距離 r の点における上側導体層表面、すなわち第 1 信号層 20 表面と、下側導体層表面、すなわち第 2 信号層 30 表面との電位差を $V(r)$ とすると、半径 r の円柱面を横切って流れる電流 $I(r)$ と $V(r)$ (その地点での電極間の電位差 $2dE_z$) の比は、

【数 4】

$$\frac{V(r)}{I(r)} \approx \frac{(2d)\mu\omega}{2\pi} \cdot \frac{1}{jkr} \cdot \frac{H_0^{(2)}(kr)}{H_1^{(2)}(kr)}$$

で与えられる。この値は、通信素子 200 からみた出力インピーダンスに相当する。ここで、関数 $P(x)$ を

【数 5】

$$P(x) \equiv \frac{1}{jx} \cdot \frac{H_0^{(2)}(x)}{H_1^{(2)}(x)}$$

と設定する。

【0044】

図 9 は、実数 x に対する $P(x)$ のプロットを示す。 $P(x)$ の虚部 ($\text{Im}[P(x)]$) はリアクタンス成分を意味し、原点近くで対数的に発散する。このことは、電流経路となる円柱の半径 r_0 が小さくなると、リアクタンス成分が増大し、電圧を印加しても電磁波のエネルギーに有効に変換されないことを意味している。そのため、この構造をとる場合には、半径 r_0 、すなわち円形の電極 204 の半径を小さく構成することが難しくなる。

【0045】

図 10 は、電極 204 の半径を小さく形成することに考慮した通信デバイス 300 の構成例を示す。通信デバイス 300 は、通信素子 200 を駆動するための

駆動回路 82 と、通信素子 200 と第 1 信号層 20 とを接続するコンデンサ 80 を備える。駆動回路 82 は通信素子 200 内に存在してもよい。既述のごとく、駆動回路 82 はスイッチ 26 を有する。電極 204 の半径 r_0 が小さいときに生じるリアクタンス成分 (図 9 に示す I_m) は誘導性である。半径 r_0 の円形電極 204 のスイッチングによって電磁波動を放出する場合、第 1 信号層 20 のインピーダンスは、抵抗とインダクタンスを直列接続した回路のそれと等価であるから、通信素子 200 をコンデンサ 80 を介して第 1 信号層 20 に接続することにより、リアクタンス成分を低くすることが可能となる。コンデンサ 80 は、通信素子 200 の内部において構成することができる。容量 C は、

【数 6】

$$\frac{1}{C\omega} = \text{Im} \left[\frac{(2d)\mu\omega}{2\pi} \cdot \frac{1}{jkr_0} \cdot \frac{H_0^{(2)}(kr_0)}{H_1^{(2)}(kr_0)} \right]$$

となるように選べばよい。これにより、回路の直列共振状態をつくることができ、インピーダンスを最小に設定することができる。

【0046】

例えば、周波数を 10GHz、 $2d=1\text{mm}$ 、 $r_0=0.1\text{mm}$ とすると、 $kr_0=0.02$ であるため、 $\text{Im}[P(x)]=4.0$ となり、リアクタンス成分は抵抗成分より 3 倍近く大きくなる。このときのリアクタンスは 50Ω であるから、 $C=0.3\text{pF}$ の容量をもつコンデンサ 80 を付加して駆動することにより、駆動回路 82 からみたインピーダンスは実数、すなわち抵抗となり、そこで消費されるエネルギーは 2 次元的に放射される電場または電磁場のエネルギーに効率的に変換されることになる。

【0047】

図 11 は、電極 204 の半径を小さく形成することに考慮した通信デバイス 300 の構成の変形例を示す。この変形例では、通信素子 200 の電極 204 を絶縁層 210 を介して第 1 信号層 20 に接続する。図 10 に関連して説明したように、コンデンサ 80 は通信素子 200 の内部に構成されてもよいが、図 11 に示すように、絶縁層 210 として通信素子 200 の外部に設けられてもよい。この場合、通信素子 200 と第 1 信号層 20 との接続に非導電性の接着剤を利用する

ことができ、製造工程を簡略化することができる。いずれの場合であっても、電極 204 と第 1 信号層 20 とを容量を介して結合させることにより、電流経路の円柱半径を小さく構成した場合におけるリアクタンス成分を低減することができる。そのため、電極 204 の小規模化を実現することができ、通信素子 200 を容易に実装して、通信装置 100 を作成することが可能となる。

【0048】

図 12 は、実施の形態に係る通信装置 100 における信号伝達方法の説明図を示す。実施の形態においては、各通信素子 200 が、空間内の自身の位置を示す座標をアドレスとしてメモリに保持する。座標は、2 次元座標であっても 3 次元座標であってもよい。通信素子 200 の座標は外部のコンピュータなどにより設定されてもよく、各々で自律的に設定してもよい。この例では、座標 (1, 1) に位置する通信素子から、座標 (7, 7) に位置する通信素子まで信号を伝達することを目的とする。以下、座標 (M, N) に位置する通信素子を「通信素子 (M, N)」と表現する。なお図示の例では、説明の便宜上、通信素子が規則的に配列されているが、この配列形態はランダムであってよい。

【0049】

図 13 は、送信元の通信素子により生成される信号のパケットを示す。このパケットには、コマンド、送信元アドレス、送信先アドレスおよび送信データの項目が設けられる。この信号はデータを通信素子 (7, 7) に転送するためのものであり、コマンドには転送パケットであることを指示するコードが記述される。送信元アドレスには、送信元通信素子の座標である (1, 1) が記述され、送信先アドレスには、送信先通信素子の座標である (7, 7) が記述される。送信データは、伝達すべきデータである。このように、通信素子 (1, 1) は送信元座標と送信先座標とを含んだ信号のパケットを生成する。パケットの生成は処理部 60 (図 3 参照) により行われる。

【0050】

図 12 に戻って、送信元の通信素子 (1, 1) が信号を送信すると、その信号は周辺の通信素子、すなわち座標 (0, 0)、(2, 0)、(3, 1)、(2, 2)、(0, 2)、(-1, 1) に位置する通信素子に伝達される。これらの通

信素子は、信号を受け取ると、自身が位置する座標をもとに信号を中継するか否かを決定する。この決定は、送信元座標(1, 1)と送信先座標(7, 7)との間に、空間的に自身が位置するか否かを判定することにより行われ、具体的には、送信元の通信素子(1, 1)と、送信先の通信素子(7, 7)とを結ぶ経路上に自身が位置するか否かを判定することにより行われる。

【0051】

この例では、通信素子(2, 2)が、通信素子(1, 1)と通信素子(7, 7)を結ぶ経路上に位置することを判定し、信号を中継することを決定する。通信素子(2, 2)は、受け取った信号を送信し、それ以外の通信素子は応答しない。以後、信号は、通信素子(3, 3)、通信素子(4, 4)、通信素子(5, 5)、通信素子(6, 6)により中継されて通信素子(7, 7)に伝達される。

【0052】

本実施の形態においては、各通信素子が、自身の座標と、送信元および送信先の座標との関係により、信号を中継すべきか否かを判断する。通信経路を予め定めておく必要はなく、単純なアルゴリズムで動的に最短経路を設定し、信号を伝達することが可能となる。

【0053】

以上のように、通信装置100は、通信素子200間で信号を伝達することが可能となる。各通信素子200の有効通信距離の範囲内には、既述のような通信素子200間で要求される通信機能を有しないシンプルな他の通信素子を配置してもよい。このシンプルな通信素子は、通信素子200の管理下におかれる。この関係から、通信素子200を親素子と呼び、その管理下にある通信素子を子素子と呼ぶ。上記のごとく、親素子となり、信号伝達に寄与する通信素子200は、自身の二次元座標などのIDを有している。

【0054】

この親子関係は、親素子が応答要求を定期的に発行し、それに子素子が応答することで動的に形成される。具体的にはまず親素子は自分のIDをパケットに埋め込んだ「応答要求コマンド」を送信する。すでに親素子が確定している子素子はそれに応答することはなく、まだ親素子が確定していない子素子は、乱数によ

る待機時間の後、自分がその親素子に子供になることを意思表示するパケットを発行する。このパケットを受け取った親素子は直ちにID確定コマンドを送出し、その子素子に、自分の管轄内でのIDを割り当てる。このようにして任意の子素子は動的に近傍の1次素子とユニークな親子関係を確立する。なお子素子は組み込みの素子でもよいし、コネクタを介して信号層に接続された情報機器であってもよい。

【0055】

通信装置100において、子素子は、親素子との間でのみ通信を可能とする。親素子である通信素子200は、子素子から発信された信号を、周辺の通信素子200に伝達する役割と、また別の通信素子200から送信された信号を、子素子に伝達する役割をもつ。親素子は、複数の子素子を管理してもよく、割り当てたIDにより、管理下の子素子を特定する。

【0056】

<第2の実施の形態>

図14および図15は、本発明の第2の実施の形態に係る通信装置400の構成を示す。第2の実施の形態に係る通信装置400は、単一の構造をもつ通信素子を用いていながら、すべて通信素子のIDを自動的に設定することができる。また、すべての通信素子は、他の任意の素子にパケットを送るために次にどの素子にパケットを渡すべきか書かれたテーブル（通信経路テーブル）を自動生成することができる。通信経路テーブルのサイズは概ね全素子数の対数の2乗に比例する。通信装置400は、以上の特長をもつことができ、また簡単な機能を付加することで容易にトラフィックの集中を回避することができる。なお、上記した特徴は例であって、通信装置400は、これらのうちの1つの特長を有していればよく、また好ましくは全ての特長を有してもよい。

【0057】

各通信素子の通信距離は、周辺に配置された他の通信素子と局所的な通信を行える程度に設定されている。例えば、図14(a)を参照して、通信素子500aの通信距離は、他の通信素子500b、500c、500dと通信できる程度に設定される。なお通信素子500は、第1の実施の形態で説明した通信素子2

00の構造および形態をとってもよい。物理的な信号は、信号を発信した通信素子の近傍に配置された他の通信素子にのみに到達し、以下では、直接信号が届く範囲にある素子を「隣接素子」あるいは「近傍素子」とよぶ。第2の実施の形態に係る通信装置400は、信号（パケット）を通信素子間で連鎖伝達することで、任意の素子の識別番号と、通信経路テーブルを自動生成することができる。

【0058】

このアルゴリズムの概要を説明すると、まず、各通信素子は周辺に存在する素子の間でM個ずつ又はM個以内のグループ（1次グループ）を作り、各メンバは1からMまでの「0次ID」を取得する。なおMは2以上の整数である。次に近接するM個の1次グループとで2次グループをつくり、各1次グループは2次グループ内でのIDとなる1からMまでの1次IDを取得する。以後、N次グループはM個集まって（N+1）次グループをつくり、N次IDを取得する。Mは2以上の任意の値でよいが、実現の容易性から、M=2と設定した場合に、アルゴリズムが簡易となり好ましい。以下、M=2の場合の具体的なアルゴリズムを説明する。

【0059】

図14（a）は、通信装置400内に分散配置される複数の通信素子500を示す。具体的に通信装置400は、複数の通信素子500a、500b、500c、500d、500e、500f、500gおよび500hを備える。通信装置400において、近傍素子間でID衝突が発生しない十分な桁数（例えば20ビット）のIDを、製造時あるいは電源投入後に乱数発生器によって取得する。これを「初期ID」とよび、初期IDを用いて隣接素子とパケットを交換しながら以下のアルゴリズムを実行する。以下のアルゴリズムによって最終的に割り振られたIDは「初期ID」に対し「階層ID」とよぶ。

【0060】

まず、隣接する二つの通信素子間でペアをつくり、これを「1次ペア」とする。図14（b）は、隣接通信素子間でペアを形成した状態を示す。この例では、通信素子500a、500bが1次ペア410a、通信素子500c、500dが1次ペア410b、通信素子500e、500fが1次ペア410c、通信素

子 500 g、500 h が 1 次ペア 410 d を構成する。各 1 次ペアは、点線で囲って図示されている。各 1 次ペアを構成する通信素子のうち一方の ID (0 次 ID) を 0 とし、他方を 1 とする。この 1 ビットが「階層 ID」の最下位ビットとなる。

【0061】

図 15 (a) は、1 次ペア間で 2 次ペアを形成した状態を示す。この例では、1 次ペア 410 a と 1 次ペア 410 b が 2 次ペア 420 a、1 次ペア 410 c と 1 次ペア 410 d が 2 次ペア 420 b を構成する。各 2 次ペアを構成する 1 次ペアのうち、一方の ID (1 次 ID) を 0 とし、他方を 1 とする。図 15 (b) は、2 次ペア間で 3 次ペアを形成した状態を示す。この例では、2 次ペア 420 a と 2 次ペア 420 b が、3 次ペア 430 を形成する。同様に、一方の 2 次ペアの ID (2 次 ID) を 0 とし、他方を 1 とする。上述のとおり、この例は、グループを M 個以下の要素により構成する場合のうち、特に 2 個の要素により構成する場合を示している。なお、通信素子 500 a に関してみると、0 次 ID が「1」、1 次 ID が「0」、2 次 ID が 0 と設定される。これにより、通信素子 500 a の階層 ID、すなわち通信装置 400 における装置 ID を (001) と設定することができる。

【0062】

図 16 (a) は、ペア要求コマンドのパケットを示す。各通信素子 500 は電源投入後、乱数できまる時間だけ待機し、ペア要求コマンドを送信する。説明のため、このコマンドを送信した通信素子を素子 A とよぶ。第 1 フィールドの「コマンド名」は、ペア要求コマンドを指示する信号が入り、第 2 フィールドには、「作りたいペアの次数」が記述される。したがって、1 次ペア生成プロセスにおいては、第 2 フィールドには、「1」が記述される。なお、1 次ペア生成プロセスにおいては、第 3 フィールドの「要求レベル」は常に 1 としておく。第 4 フィールドの「送信素子の初期 ID」には、乱数を用いて生成した ID が入力される。要求コマンドを受け取った各素子は以下のように反応する。

【0063】

自身の 0 次 ID がまだ確定していなければ、乱数できまる待機時間の後、ペア

要求受信通知コマンドを発行する。図16(b)は、ペア要求受信通知コマンドのパケットを示す。このとき第2フィールドには、「ペア要求コマンドを送信した素子の初期ID」を記述する。このペア要求受信通知コマンドを発行した素子を、説明のため素子Bとよぶ。すでに0次IDが確定していればペア要求コマンドは無視する。

【0064】

素子Bからのペア要求受信通知コマンドを受け取った素子Aは、コマンドに書かれた「ペア要求コマンドを発行した素子の初期ID」と自身の初期IDを照合し、一致していれば即座にペア確定コマンドを素子Bに対し送信する。この時点で素子Aの0次IDは「1」と決定する。図16(c)は、ペア確定コマンドのパケットを示す。第2フィールドには、「作りたいペアの次数」を記述する。したがって、この場合は、「1」が記述される。また、第3フィールドには、素子Bの確認用に、「素子Bの初期ID」を記述する。

【0065】

ペア確定コマンドを受け取った素子Bは、ペア確定コマンドの第3フィールドの項目を照合して、自身の初期IDと一致していれば、0次IDとして「0」を確定する。さらに、自分自身の「初期ID」を素子Aの初期IDに書き換える。これによって、ペアを形成した素子Aと素子Bの初期IDを共通化する。なお、自分あてのペア確定コマンドが一定時間経過しても到来しない場合、素子Aは他の素子とペアを確定したものとみなし、一定時間待機後に自身で「ペア要求コマンド」を発行するか、待機中に受信した他の素子からの「ペア要求コマンド」に応答する。以上により、図14(b)に示すように、点線で囲むような1次ペアを確定することができる。

【0066】

1次ペアが確定したら、各素子は乱数時間待機ののち、再び隣接素子に対し2次ペア要求コマンドを発行する。「2次ペア」とは、1次ペアの二組からなるペアのことである。2次ペア要求コマンドは、図16(a)に示した「ペア要求コマンド」の2番目のフィールドに「2」を代入することで指定する。また最初にペア要求コマンドを送信する際、3番目のフィールドの「要求レベル」は0とし

ておく。説明のため、2次ペア要求コマンドを発行した素子を素子Aとよぶ。コマンドを受け取った近傍素子（以後素子Bとよぶ）のこの後の動作は以下のようである。

【0067】

同じ「初期ID」をもつ素子（1次ペア形成の際に、ペアの初期IDは同一になるように書き換えてある）から2次ペア要求コマンドを受け取った場合は、応答しない。また、すでに自分が属する2次ペアが確定している場合や、まだ1次ペアが確定していない場合は応答しない。これらの条件を満たさない場合は、次の調整プロセスに入る。1次ペアを構成する各素子は独立に2次ペア要求コマンドを送信、受信する可能性があるため、1次ペアが唯一の2次ペアに属するようにするには調整作業が必要になる。調整のアルゴリズムは、以下のとおりである。

【0068】

ステップ0) 1次ペアのうち、その初期IDの最下位ビットが0であるものは「要求側」とし、最下位ビットが1であるものは「決定側」と2種類の属性に色分けする。

【0069】

ステップ1) 「要求側」ペアに属する任意の素子は、近傍素子に対し、「要求レベル0の2次ペア要求コマンド」を送信する。

【0070】

ステップ2) 2次ペア要求コマンドを受信した「決定側」素子は、即座にペア要求受信通知コマンドを返送する。この状態を「仮結合した」状態とよぶ。なお、要求側素子は2次ペア要求コマンドに対して応答しない。

【0071】

ステップ3) 仮結合した「要求側」素子は、最終的にどの1次ペアに対し2次ペア要求を出すかを一つに絞り込む。この優先度の決定は、自身の0次IDに基づいて行なう。

【0072】

3-1) 0次IDが「1」である素子が仮結合した場合には、その素子の要求を

最高優先度とし、その素子から「要求レベル1」の2次ペア要求コマンドを送信する。

【0073】

3-2) 0次IDが「0」である素子が仮結合した場合には、仮結合調査用マルチキャストをペアの素子C（0次IDが1の素子）に対して送信し、もし素子Cが仮結合していなければ、自分（0次IDが0の素子）が「要求レベル1」の2次ペア要求コマンドを送信する。

【0074】

上記3-1) または3-2) の手続きによって要求レベル1のペア要求コマンドが送受信された素子の対は「選択結合」の状態にあるとよぶ。

【0075】

図16(d)は、仮結合調査用マルチキャストのパケットを示す。第2フィールドには、「作りたいペアの回数n」が記述され、この場合は、 $n=2$ が記述される。

【0076】

ステップ4) 要求レベル1の2次ペア要求コマンドを受信した「決定側」ペアの素子は以下のように動作し、唯一の2次ペアを確定する。

【0077】

4-1) コマンドを受信した素子の0次IDが1の場合、コマンドを送信したペアとでただちに2次ペアを確定する。即座に「2次ペア確定マルチキャスト」を1次ペアに対して送信し、さらに選択結合にある「要求側」の素子に対し、「2次ペア確定通知」を行なう。2次ペア確定通知を受信した「要求側」の素子は、自身が結合素子として確定したと認識し、ただちに「2次ペア確定マルチキャスト」続いて「ID書き換えマルチキャスト」を送信する。ID書き換えマルチキャストは、結合素子の属する1次ペア内の素子に対して送信され、これを受け取った素子は自身の初期IDを「決定側」の初期IDに書き換える。その結果、一つの2次ペア内では、各素子は単一の初期IDをもつことになる。

【0078】

4-2) コマンドを受信した素子の0次IDが0の場合、すでに2次ペア確定マ

ルチキャストを受信している場合にはそれにしたがう。2次ペア確定マルチキャストが到達しない場合、「選択結合調査用マルチキャスト」を送信する。ペアの素子（0次IDが1の素子）は2次ペアが未確定の場合、「ペア未確定コマンド」を返答する。ペア未確定コマンドを送信した素子は、ステップ5）のプロセスに移行するまで確定の権利を失う。ペア未確定コマンドが受信された場合には、その素子（1次IDが0の素子）と選択結合にある素子が属するペアとで2次ペアを確定する。以下4-1）と同様にペア確定通知、ID書き換えを実行する。

【0079】

以上4-1）および4-2）のプロセスにより、最終的に確定された結合に直接関与する二つの素子を「結合素子」とよぶ。2次ペアが確定すると、「決定側」に1次IDとして0が割り当てられ、「要求側」に1が割り当てられる。なお、この1次IDはペア確定マルチキャストの3番目のフィールドに書かれている。

【0080】

図17（a）は、ペア確定マルチキャストのパケットを示す。第2フィールドには、「確定したペアの次数」が記述される。図17（b）は、ペア確定通知コマンドのパケットを示す。第2フィールドには、「確定したペアの次数」が記述される。図17（c）は、ID書き換えマルチキャストのパケットを示す。第2フィールドには、「書き換え前の初期ID」が記述される。図17（d）は、選択結合調査用マルチキャストのパケットを示す。第2フィールドには、「作りたいペアの次数n」が記述される。図17（e）は、ペア未確定コマンドのパケットを示す。第2フィールドには、「確定しようとするペアの次数」が記述される。

【0081】

ステップ5）2次ペアが確定した素子は、以後2次ペア作成に関する他の素子からのコマンドには一切応答しない。選択結合しながらも、「決定側」から2次ペアとして選択されなかったペアは、再びステップ1）に戻る。なお、要求側ペアと決定側ペアが隣接していないと2次ペアが生成できないため、一定時間ごとにランダムに役割（要求と決定）を変更する。具体的には、1次IDが1である

素子が、一定時間経過するごとに初期 ID の注目ビットを再下位ビットから順に上位ビットへとシフトしていき、ペアの役割（要求と決定）を注目ビットの 1、0 に応じて変更する。役割変更の伝達は「要求－決定交換マルチキャスト」を送信することにより行なう。「要求－決定交換マルチキャスト」を受け取った素子は即座に役割を入れ替える。

【0082】

図 18 (a) は、要求－決定交換マルチキャストのパケットを示す。第 2 フィールドには、「作りたいペアの次数」が記述され、第 3 フィールドには、「要求、決定の別」が記述される。

【0083】

ステップ 6) 結合素子（最終的に採用された結合の一組の素子）の ID をそれぞれが属する 2 次ペア内に、マルチキャストする。すなわち、1 次ペア P と Q に属する素子 a および b が 2 次ペア (P, Q) の結合素子であったとすると、P に属する素子と Q に属する素子の全てに a および b の階層的 ID をマルチキャストする。この階層 ID は、「通信経路の決定」に利用される。

【0084】

図 18 (b) は、結合通知マルチキャストのパケットを示す。なお、2 次ペアの確定に際し、結合通知マルチキャストの送信は必ずしも必要ではないが、高次ペア確定の手続きには、このパケット送信は必要となる。

【0085】

n 次以上の ID の確定は、2 次の ID の確定の場合と同様である。(n-1) 次ペアが確定したら、各素子は乱数時間待機ののち、再び隣接素子に対し n 次ペア要求コマンドを送信する。「n 次ペア」とは、(n-1) 次ペアの二組からなるペアのことである。n 次ペア要求コマンドは、図 16 (a) に示した「ペア要求コマンド」の 2 番目のフィールドに「n」を代入することで指定する。説明のため、n 次ペア要求コマンドを送信した素子を素子 A とよぶ。コマンドを受け取った近傍素子（以後素子 B とよぶ）のこの後の動作は以下のようなものである。

【0086】

同じ「初期 ID」をもつ素子 (n-1 次ペア形成の際に、ペア内の初期 ID は

同一になるように書き換えてある) から n 次ペア要求コマンドを受け取った場合は、応答しない。また、すでに自分が属する n 次ペアが確定している場合や、まだ $(n-1)$ 次ペアが確定していない場合は応答しない。これらの条件を満たさない場合は、次の調整プロセスに入る。調整のアルゴリズムは、以下のとおりである。

【0087】

ステップ0) $n-1$ 次ペアのうち、その初期 ID の最下位ビットが 0 であるものは「要求側」とし、最下位ビットが 1 であるものは「決定側」と 2 種類の属性に色分けする。

【0088】

ステップ1) 「要求側」ペアに属する任意の素子は、近傍素子に対し、「要求レベル 0 の n 次ペア要求コマンド」を送信する。

【0089】

ステップ2) 要求レベル 0 の n 次ペア要求コマンドを受信した「決定側」素子は、乱数で定まる時間待機した後にペア要求受信通知コマンドを返送する。このことを「仮結合した」とよぶ。なお、要求側素子は n 次ペア要求コマンドに対して応答しない。

【0090】

ステップ3) 仮結合した「要求側」素子は、最終的にどの $(n-1)$ 次ペアに対し n 次ペア要求を出すかを一つに絞り込む。この優先度の決定は、自身の $(n-1)$ 次までの ID に基づいて行なう。

【0091】

3-1) 仮結合した素子は、仮結合調査用マルチキャストを送信する。

3-2) 自分自身に到達したマルチキャストの 3 番目のフィールド ($n-1$ 次までのコマンド送信素子階層 ID) と自分自身の階層 ID を比較し、自分自身の階層 ID の値が最大である場合に、「要求レベル 1」の n 次ペア要求コマンドを送信する。自分の階層 ID より大きな階層 ID が仮結合素子の中に存在した場合は、何もしない。なお、この手続きによって要求レベル 1 のペア要求コマンドが送受信された素子の対は「選択結合」の状態にあるとよぶ。

【0092】

ステップ4) 要求レベル1のn次ペア要求コマンドを受信した「決定側」ペアの素子は以下のように動作し、唯一のn次ペアを確定する。

【0093】

4-1) 要求レベル1のn次ペア要求コマンドを受信した素子は、自身が属するn-1次ペア内に対し、選択結合調査用マルチキャストを送信する。

【0094】

4-2) 自分自身に到達したマルチキャストの3番目のフィールド(n-1次までのコマンド送信素子階層ID)と自分自身の階層IDを比較し、自分自身の階層IDの値が最大である場合に「n次ペア確定マルチキャスト」を自分が属するn-1次ペアに対して送信し、さらに選択結合にある「要求側」の素子に対し、「n次ペア確定通知」を行なう。n次ペア確定通知を受信した「要求側」の素子は、ただちに「n次ペア確定マルチキャスト」、続いて「ID書き換えマルチキャスト」を、自分の属する(n-1)次ペア全体に送信する。この結果初期IDは、決定側の初期IDに統一される。

【0095】

以上4-1) および4-2) のプロセスにより、最終的に確定された結合に直接関与する二つの素子を「結合素子」とよぶ。n次ペアが確定すると、「決定側」にn-1次IDとして0が割り当てられ、「要求側」に1が割り当てられる。

【0096】

ステップ5) n次ペアが確定した素子は、以後n次ペア作成に関する他の素子からのコマンドには一切応答しない。選択結合しながらも、「決定側」からn次ペアとして選択されなかったペアは、再びステップ1)に戻る。なお、要求側ペアと決定側ペアが隣接していないとn次ペアが生成できないため、一定時間ごとにランダムに役割(要求と決定)を変更する。具体的には、(n-1)次までのIDが11---1である素子が、一定時間経過するごとに初期IDの注目ビットを再下位ビットから順に上位ビットへとシフトしていき、ペアの役割(要求と決定)を注目ビットの1、0に応じて変更する。役割変更の伝達は「要求-決定交換マルチキャスト」を送信することにより行なう。「要求-決定交換マルチキャ

スト」を受け取った素子は即座に役割を入れ替える。

【0097】

ステップ6) 結合素子(最終的に採用された結合の一組の素子)のIDをそれらが属するn次ペア内に、マルチキャストする。すなわち、n-1次ペアPとQに属する素子aおよびbがn次ペア(P, Q)の結合素子であったとすると、Pに属する素子とQに属する素子の全てにaおよびbの階層的IDをマルチキャストする。この階層IDは、「通信経路の決定」に利用される。

【0098】

階層的IDを割り振られた素子は、ただちに通信経路も得ることができる。以下そのアルゴリズムを説明する。

前提: 階層的ID確立後に各素子が保持している情報

1. 自分自身の階層的ID (0からN-1までのNビットとする)
2. 自分が属するn次ペア (n=1, ..., N) の結合素子のうち、自分と同じn-1次ペアに属する方の結合素子のID C(n)。なお、n=1のとき「n-1次ペア」は、ペアではなく自分自身であるが、アルゴリズムの説明の都合上、n=1の場合もテーブルの要素に含める。以後このN個のIDテーブルを「結合テーブル」とよぶ。
3. 自分自身が、結合素子である場合、対となるもう一方の結合素子の階層IDとその結合次数。

自分自身の階層的IDをA、信号を送信したい相手の素子(目的地素子)の階層的IDをBとする。

【0099】

ステップ0) 「当座目的地」xの初期値として最終目的地のIDであるBを代入する。

【0100】

ステップ1) AとBを最上位ビット(N次ペアのID=N-1次ID)から順に見ていき、はじめて不一致が発生するビットk(以後これを「分岐ビット」とよぶ)を発見する。なお、k=0が最下位ビットであり、例えばk=3であれば、4次ペア中の3次IDがAとBとで異なることを意味する。

【0101】

ステップ2) 自分自身の「結合テーブル」の中から、k次ペア間の結合素子のIDを見つける。このIDを新たなxとする。(自分が属するk次ペアの下には目的地素子は存在しないため、もう一方のk次ペアに移動する必要がある。その移動のためには、信号をまずxに渡す必要がある。そこでxが当面の目的地となる。)

【0102】

ステップ3) Aとxを、kビットめから下位ビットへと順に見ていき、最初の分岐ビットk1を発見する。

【0103】

ステップ4) $k1 > 0$ なら $k = k1$ とおき直し、ステップ2) へ戻る。 $k1 = 0$ のときは、パケットを1次ペアの一方に送信し、動作を終了する。分岐ビットが存在しないとき(すなわち自分自身がk次ペアの結合素子である場合)は、対となる結合素子にパケットを送信し、動作を終了する。パケットには目的地素子IDが含まれており、これ受信した素子は上記アルゴリズムを実行する。

【0104】

以上を繰り返すと、有限回の転送で素子Bにパケットが到達する。なお、このアルゴリズムのままでは、上位ペアの結合素子周辺にトラフィック集中が発生するが、各素子が近傍素子のIDを「近傍素子テーブル」に保存しておき、上記ステップ1)において、近傍素子テーブル内の素子とBとを比較したときの分岐がなるべく下位ビットで発生するような素子へ信号を転送するアルゴリズムを付加すれば、トラフィック集中を容易に緩和することができる。この機能を付加したアルゴリズムを以下に示す。

【0105】

前提の改良:

上記前提に加え、近傍素子の階層IDを「近傍素子テーブル」に保存しておく。保存されたそれらのIDを $J(i)$ とする。($i = 1, 2, \dots, m$: m は近傍素子の総数)

(改良アルゴリズム)

ステップ1) $J(i)$ とBを比較し、分岐が最も下位に発生する $J(i)$ を探索し、こ

の分岐ビットを k_{\min} とする。AとBとの分岐ビット k と k_{\min} を比較し、 $k_{\min} < k$ の場合には、 k_{\min} に対応する素子 $J(i_{\min})$ にパケットを転送する。パケットには目的地素子IDが含まれており、それを受け取った素子は、Aと同じアルゴリズムを実行する。 $k_{\min} < k$ でない場合は、前述の改良前アルゴリズムと同一の動作を実行する。

【0106】

これまでのプロトコルでは、説明を簡単にするため、ペアリングができなかった素子については無視して説明してきた。しかし前述のアルゴリズムのままでは、 n 次ペアの生成が終了した素子に取り囲まれ孤立してしまった $n-1$ 次ペアは、以後も孤立したままであり、通信の体系から外れてしまう。これについては以下のようにアルゴリズムに若干の改良を加えることで対処することができる。

【0107】

新しいアルゴリズムでは、1つの次数のペアのIDを表現するのに（1ビットではなく）2ビットを用いる。したがって、ペアの最高字数を N とすると、その階層IDの表記には $2N$ ビットを要する。以下順に、アルゴリズムの変更点を説明する。

【0108】

<1>初期IDの設定：変更点はなし。

<2>1次ペアの形成と0次IDの確定

これまでどおり「1次ペアと0次IDの確立」に書かれた①～③のプロセスを実行する。このプロセスを実行してもペアが見つからない場合、その素子Aは孤立素子であると判断し、以下の「従属要求コマンド」を要求レベル1で送信する。

【0109】

図19(a)は、従属要求コマンドのパケットを示す。第2フィールドには、従属したいペアの次数が記述される。なお、この場合は、1に設定される。以後の動作は、通常のペア生成と同様である。すなわち、「従属要求コマンド」を受信した素子Bは、乱数できまる待機時間の後に以下の「従属要求受信通知コマンド」を送出する。

【0110】

図19 (b) は、従属要求受信通知コマンドのパケットを示す。従属要求コマンドを送信した素子Aは、この返事を確認し、以下の「従属確定コマンド」を返送する。これによって素子Aは素子Bと同じ1次ペアに属することとなり、これをうけて素子Bは「従属確定通知コマンド」を素子Aに送り、0次IDとして「2」を割り当てる。この0次IDは従属確定コマンドの3番目のフィールドに書かれている。ここで従属許可を出した素子Bは、自身が属する1次ペアの一方の素子に対し、そのような従属許可を出したことを「従属確定マルチキャスト」によって通知する。なお、一つの素子に対する従属が終了した後、再び同じペアに従属要求が到達した場合、追加従属を受け入れ、従属素子に0次ID「3」を割り当てる。これ以後の従属要求には応じない。

【0111】

図19 (c) は、従属確定コマンドのパケットを示し、図19 (d) は、従属確定通知コマンドのパケットを示し、図19 (e) は、従属確定マルチキャストのパケットを示す。

【0112】

次に、 n 次ペアの形成と $n-1$ 次IDの確定の方法を示す。なお、2次ペアの形成は $n = 2$ とすればよいので省略する。まずこれまでどおり、要求役割変更を行うステップ5) までを実行する。「要求-決定役割変更」をしてもペアが見つからない場合、その $n-1$ 次ペアは孤立していると判断し、以下のプロトコルを実行する。なお、これらのプロトコルも通常のペア形成コマンドに準じている。

【0113】

まず、孤立した $n-1$ 次ペアPに属する任意の素子Aは、「要求側」となり、近傍素子に対し「要求レベル0の n 次従属要求コマンド」を送信する。なお、このコマンドは従属要求コマンドの2番目のフィールドに n を代入したものである。要求レベル0の n 次従属要求コマンドを受信した素子Bは乱数できまる時間待機したのち、従属要求受信通知コマンドを返送する。なお n 次従属要求コマンドを受信した素子は、通常のペア形成における「決定側」と類似した振舞いをする。ここまでの段階を、通常のペア形成におけるときと同様素子AとBが「仮結合した」段階とよぶ。

【0114】

仮結合した「要求側」素子（すなわちPに属する素子）は、通常のペア形成プロセスと同じプロセスで、最終的にn次従属要求を出す素子を一つに絞り込む。ここで用いられるコマンド（仮結合調査用マルチキャスト）および選択の手続きは「ステップ3）」と同一であり、要求レベル1の従属要求コマンドを送受信した素子の対は「選択結合」の状態にあるとよぶ。

【0115】

要求レベル1のn次従属要求コマンドを受信した「決定側」ペアの素子は、通常のペア確定プロセスと同様に、選択結合調査用マルチキャストを送信し、従属を許可する選択結合を決定する。これが決定すると、通常のペア確定時と同様に、ただちに「n次従属確定マルチキャスト」を自分が属するn-1次ペアに対して送信し、続いて選択結合にある「要求側」の素子に対し、「n次従属確定通知」を行う。このn次従属確定通知を受信した「要求側」の素子は、ただちに「n次従属確定マルチキャスト」続いて「ID書き換えマルチキャスト」を自身の属するn-1次ペアに属するペア全体に通知し、IDをn次ペア内で統一させる。なお、従属したn-1次ペアのn-1次IDは、従属確定コマンドの3番目のフィールドによって連絡され、最初の従属要求に対しては「2」が与えられる。その後で生じた従属要求に対しては「3」が与えられ、それ以降に発生した従属要求には応じない。

【0116】

以上のプロセスにより、最初のペアリングに失敗したペアも階層構造の中に組み込まれた。経路探索のアルゴリズムは次のように修正を受ける。

【0117】

階層的ID確立後に各素子が保持している情報は、以下のとおりである。

1. 自分自身の階層的ID（各次数に2ビット、全体で2Nビット）
2. 自分が属するn次ペア（ $n = 1, \dots, N$ ）に属する（自分以外の）M個のn-1次ペア P_i （ i は1からMの整数。M=1, 2または3）に対し、自分の属するn-1次ペアRから結合を介して P_i へ到達する際に、 P_i への入り口となる結合素子の手前側ID $C_i(n)$ （例えばR - Q - P_i のように到達できる場合、Qと P_i との結合素子のうち、Qに属する方の素子のID）のテーブル。このIDテーブルをこれま

で同様に「結合テーブルとよぶ」

3. 自分自身が結合素子である場合、対となるもう一方の結合素子の階層 ID とその結合次数。

【0118】

これ以降のアルゴリズムはこれまでと同様である。自分自身の階層的 ID を A とし、目的地素子の階層的 ID を B とすると、

【0119】

ステップ0) 「当座目的地」 x の初期値として最終目的地の ID である B を代入する。

【0120】

ステップ1) まず A と B を最上位次数 ID に対応するビットから 2 ビットずつを組にして順にみていき、はじめて不一致が発生する $(2k, 2k+1)$ ビットを発見する (これを分岐ビットとよぶ)。たとえば $k=3$ すなわち最下位を 0 ビットとして 6 ビットと 7 ビットが表す ID に不一致が見られる場合には 4 次ペア中の 3 次 ID が異なることを意味する。

【0121】

ステップ2) 目的地素子自分自身の「結合テーブル」の中から、 x の k 次ペアへの入り口となる接合素子の ID を見つける。この ID を新たな x とする。

【0122】

ステップ3) A と x を、 $(2k, 2k+1)$ ビットから下位ビットへと順に見ていき、最初の分岐ビット $(2k_1, 2k_1+1)$ を発見する。

【0123】

ステップ4) $k_1 > 0$ なら $k = k_1$ とおき直し、ステップ2) へ戻る。 $k_1 = 0$ のときは、1 次ペア内の素子のうち、 x により近づく位置にある素子に信号送信し、動作を終了する。分岐ビットが存在しないときは、(自身が目的地に向かう結合素子であるから) 対となる結合素子に信号送信し、動作を終了する。パケットには目的地素子 ID が含まれており、信号を受信した素子は上記アルゴリズムを実行する。

【0124】

以上の変更により、全ての素子が一つのIDの体系に含まれ、ID確立と同時に全ての素子間に通信経路が確定することになる。なお、トラフィック集中の解消方法は変更前と同様である。

【0125】

<第3の実施の形態>

本発明の第3の実施の形態は、二次元通信装置の製造方法を提供する。具体的には、通信素子を、導電性のシート上に配置し、そこに絶縁性の材料と、導電性の材料を交互にスプレーで塗布して製造することを特徴とする通信装置およびその製造方法を提供する。大量の微小素子を配置する技術に関しては、回路基板作製技術に膨大なノウハウの蓄積があるが、容易に変形するゴムや布の表面に個々の素子を配置し、結線するのは容易ではない。本発明の第3の実施の形態は、2次元通信素子に個別配線が不要である特徴を活かし、2次元通信のインターフェースをもつ機能素子・通信素子を、容易な製造プロセスで柔軟なゴムや布のシート上に組み込むことを可能にする。

【0126】

図20(a)～(d)は、通信装置の製造プロセスを説明するための図である。図20(a)において、まず、ゴム、または布の導電性シートを用意する。図20(b)は、導電性シート上に通信素子を分散配置させた状態を示す。図20(c)において、通信素子の上方から絶縁体を噴霧し、固化させる。素子表面電極とは親和性の小さな材料を選択する。続いて図20(d)において、導電性材料を噴霧、固化させ、通信層を完成させる。以上により、通信装置を簡易に製造することが可能となる。

【0127】

<第4の実施の形態>

本発明の第4の実施の形態は、二次元通信装置の別の構造および製造方法を提供する。図21は、通信装置の構造の一例を示す。図21に示すように、通信層に対して、通信素子と補助部品で挟み込むことによりして通信素子を接続させる。通信シートを両側から二つの部品で挟むだけで、分布通信システムが実現する。導電体部品を先端が鋭利なピン状にすることによって、通信シートに対する

穴あけの作業を省略することも可能である。

【0128】

<第5の実施の形態>

本発明の第5の実施の形態は、二次元通信装置のコネクションに関する。図22は、誘導結合を用いた近接接合を行うコネクタを示す。このコネクタによると、エネルギーの供給も可能である。導電性の繊維によって二次元通信シート上に作製したコイルを介して、二次元通信シートに近接する物体と情報の交換を行う。

【0129】

図23は、光を用いる近接接合を行うコネクタを示す。発光素子(LED等)と受光素子(フォトダイオード等)を二次元シート上に実装し、それと近接するデバイス間で光による通信を行う。

【0130】

図24は、容量結合利用する近接接合を行うコネクタを示す。通信層の表面に配置された電極(導電性繊維等で作製)に、外部の通信装置を近接させる。外部通信装置表面の電極と二次元通信層上の電極との容量結合を介して、信号を送受信する。

【0131】

図25および図26は、機械的なコネクタを示す。機械的コネクタの構造として、図26のように通信層を両側から挟みこむコネクタを提案する。図中、白い領域以外の部分は絶縁体であり、通信層を両側から挟みこむことで容易に電気的接触を確保する。通信層の片側からピン状の先端をもつ接点素子を押しこんで締め付けることにより、通信層と容易に電気的接触が確保できる。また、あらかじめ、小型軽量のワッシャ状の部品Aを多数通信層に埋め込んである通信層を製造し、そこにコネクタを挿入することで容易に機械的接触を確保することができる。

【0132】

以上、本発明をいくつかの実施の形態をもとに説明した。これらの実施の形態は例示であり、実施の形態の組み合わせ、またそれらの各構成要素や各処理プロセスの組合せにいろいろな変形例が可能なこと、またそうした変形例も本発明の

範囲にあることは当業者に理解されるところである。

【0133】

【発明の効果】

本発明によれば、新規な通信技術を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 実施の形態に係る通信技術の方式を説明するための図である。

【図2】 実施の形態にかかる通信装置の外観構成を示す図である。

【図3】 通信素子の機能ブロック図である。

【図4】 (a) は通信装置の断面図であり、(b) は通信装置の別の例を示す断面図である。

【図5】 (a) は通信デバイスが信号を発信する基本原理を説明するための図であり、(b) は通信デバイスが信号を発信する原理の別の例を説明するための図である。

【図6】 通信素子を備えた通信デバイスを示す図である。

【図7】 (a) は通信デバイスを実現する回路動作の概要を示す図であり、(b) は第1信号層に印加する交流電圧の振幅を制限する回路の例を示す図である。

【図8】 (a) は通信素子の具体的な構成例を示す図であり、(b) および(c) は、通信素子による信号発信の原理を説明するための図である。

【図9】 $P(x)$ のプロットを示す図である。

【図10】 電極の半径を小さく形成することに考慮した通信デバイスの構成例を示す図である。

【図11】 電極の半径を小さく形成することに考慮した通信デバイスの構成の変形例を示す図である。

【図12】 通信装置における信号伝達方法の説明図である。

【図13】 送信元の通信素子により生成される信号のパケットを示す図である。

【図14】 本発明の第2の実施の形態に係る通信装置の構成を示す図である。

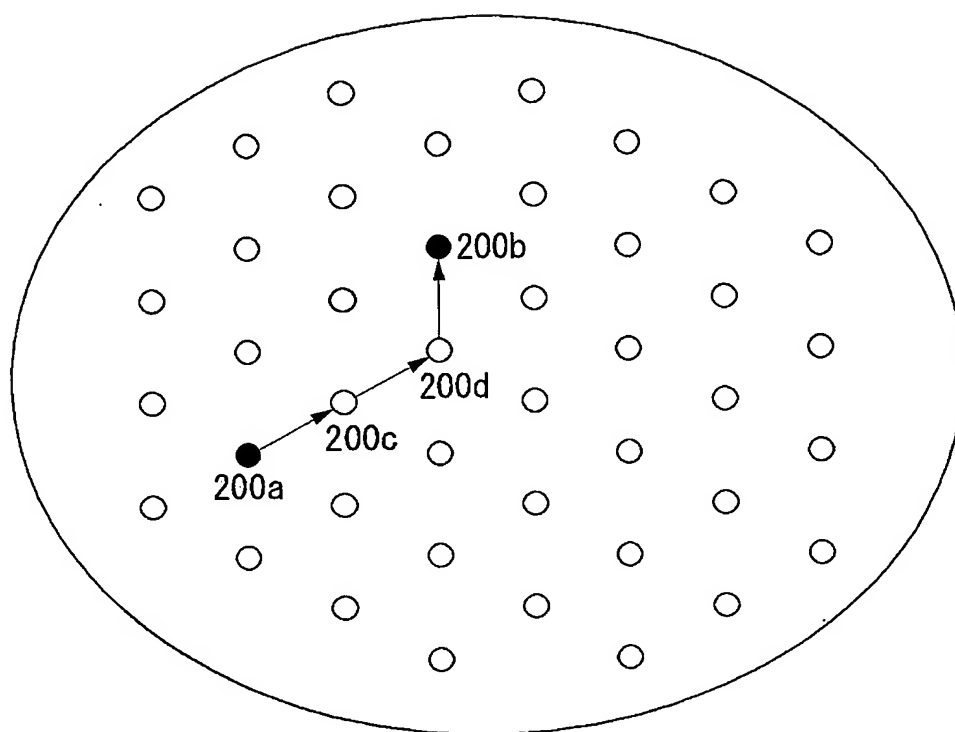
- 【図15】 第2の実施の形態に係る通信装置の構成を示す図である。
- 【図16】 各種コマンドのパケットを示す図である。
- 【図17】 各種コマンドのパケットを示す図である。
- 【図18】 各種コマンドのパケットを示す図である。
- 【図19】 各種コマンドのパケットを示す図である。
- 【図20】 通信装置の製造プロセスを説明するための図である。
- 【図21】 通信装置の構造の一例を示す図である。
- 【図22】 誘導結合を用いた近接接合を行うコネクタを示す図である。
- 【図23】 光を用いる近接接合を行うコネクタを示す図である。
- 【図24】 容量結合利用する近接接合を行うコネクタを示す図である。
- 【図25】 機械的なコネクタを示す図である。
- 【図26】 機械的なコネクタを示す図である。

【符号の説明】

16、18・・・導電層、20・・・第1信号層、22・・・誘電層、24・・・導電層、26・・・スイッチ、30・・・第2信号層、43・・・誘電層、44・・・電源層、50・・・通信部、52・・・入力部、54・・・電圧制限素子、60・・・処理部、70・・・メモリ、80・・・コンデンサ、82・・・駆動回路、100・・・通信装置、200・・・通信素子、202・・・デジタル回路、204・・・電極、210・・・絶縁層、300・・・通信デバイス、400・・・通信装置、500・・・通信素子。

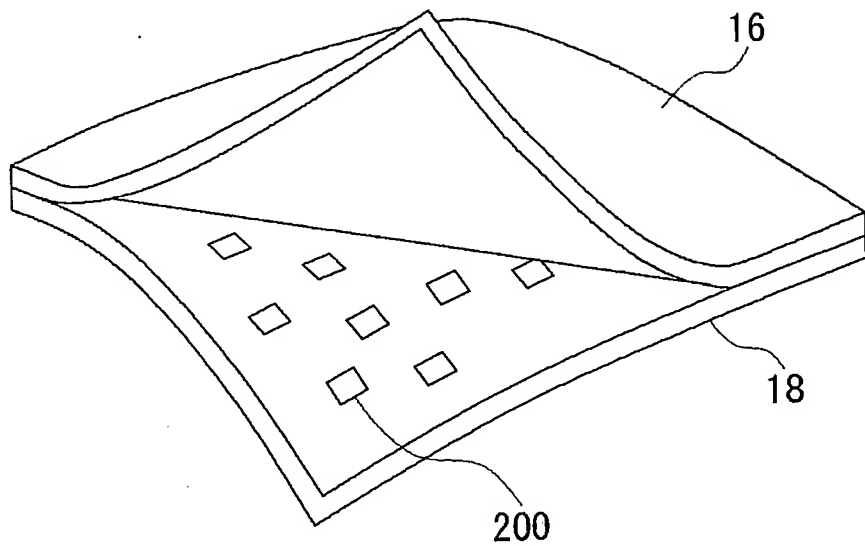
【書類名】 図面

【図 1】



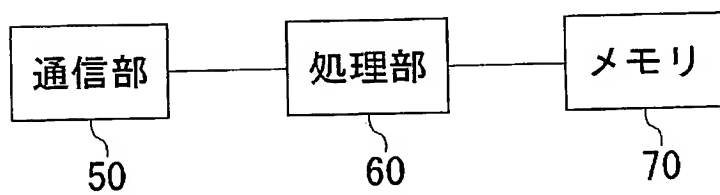
【図 2】

100



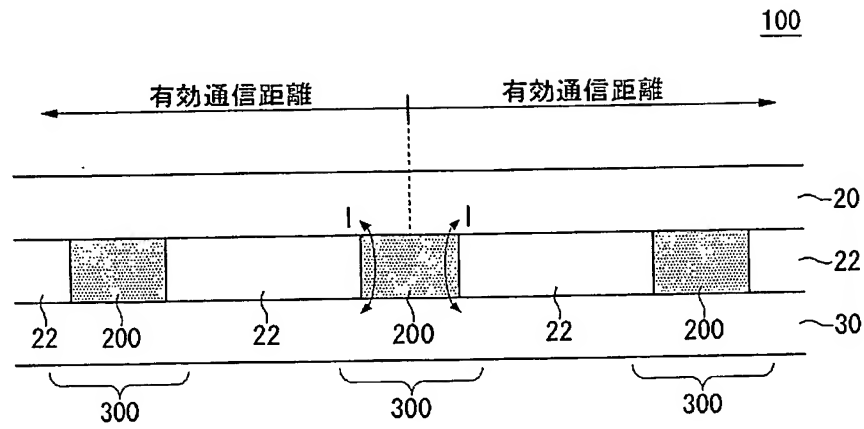
【図 3】

200

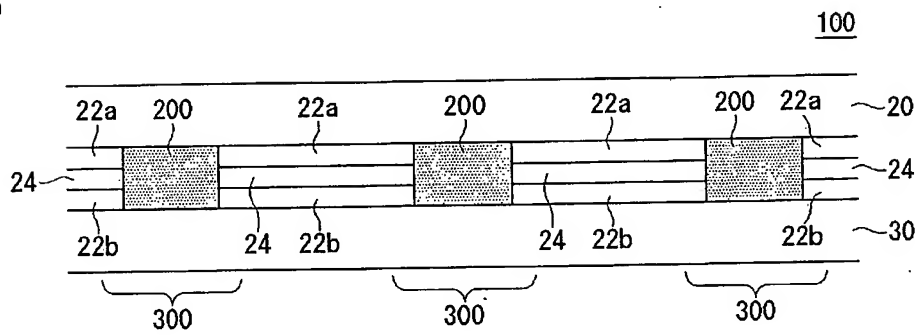


【図 4】

(a)



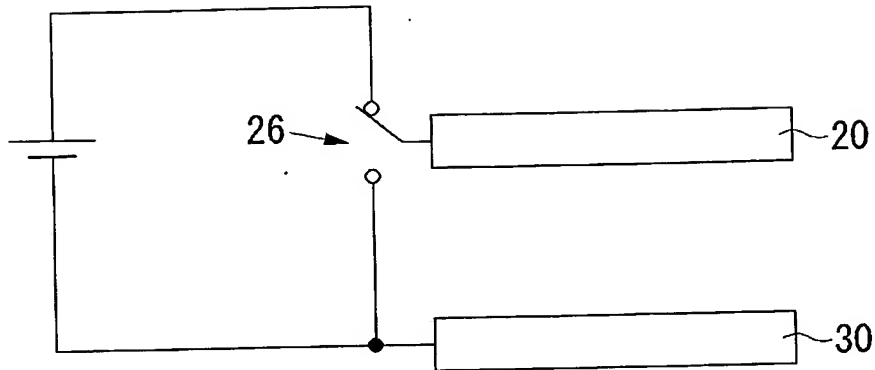
(b)



【図 5】

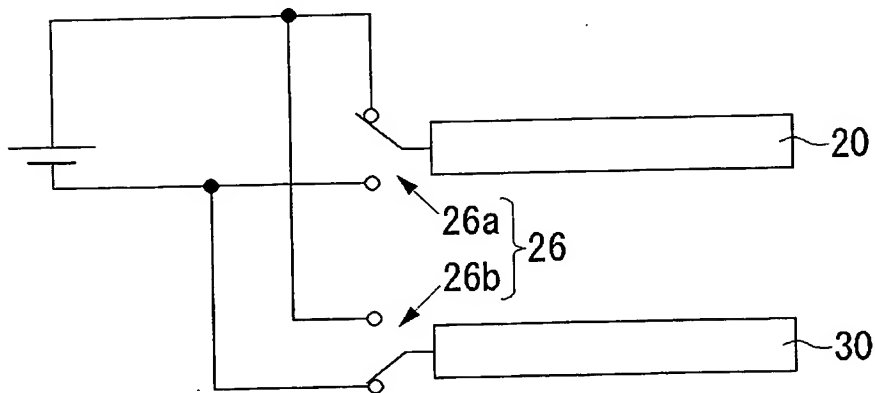
(a)

300

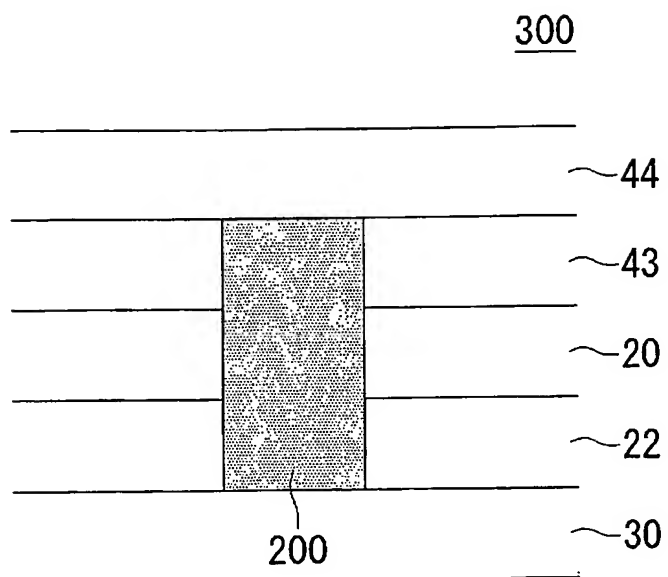


(b)

300



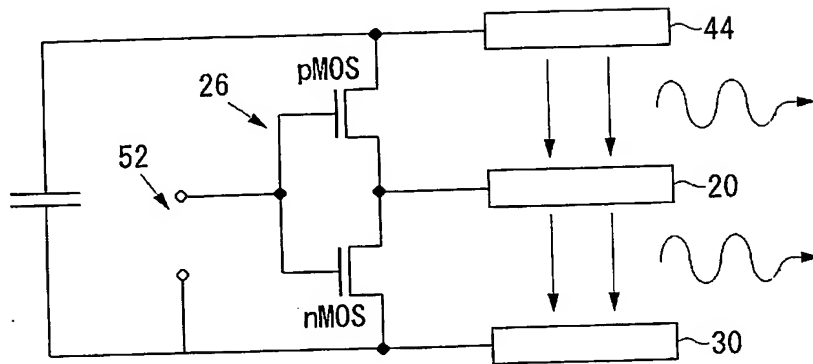
【図 6】



【図 7】

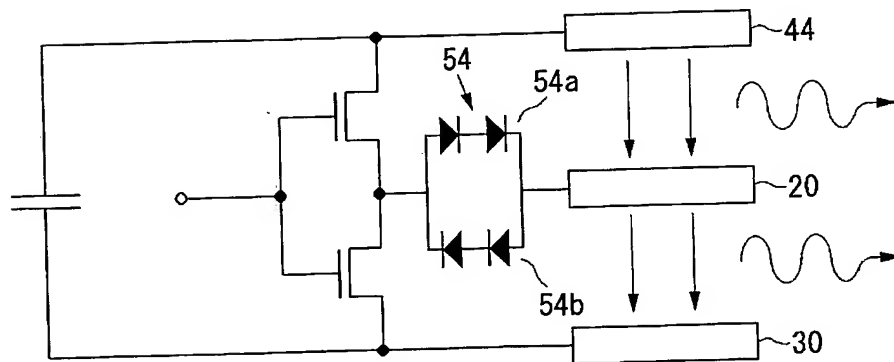
(a)

300

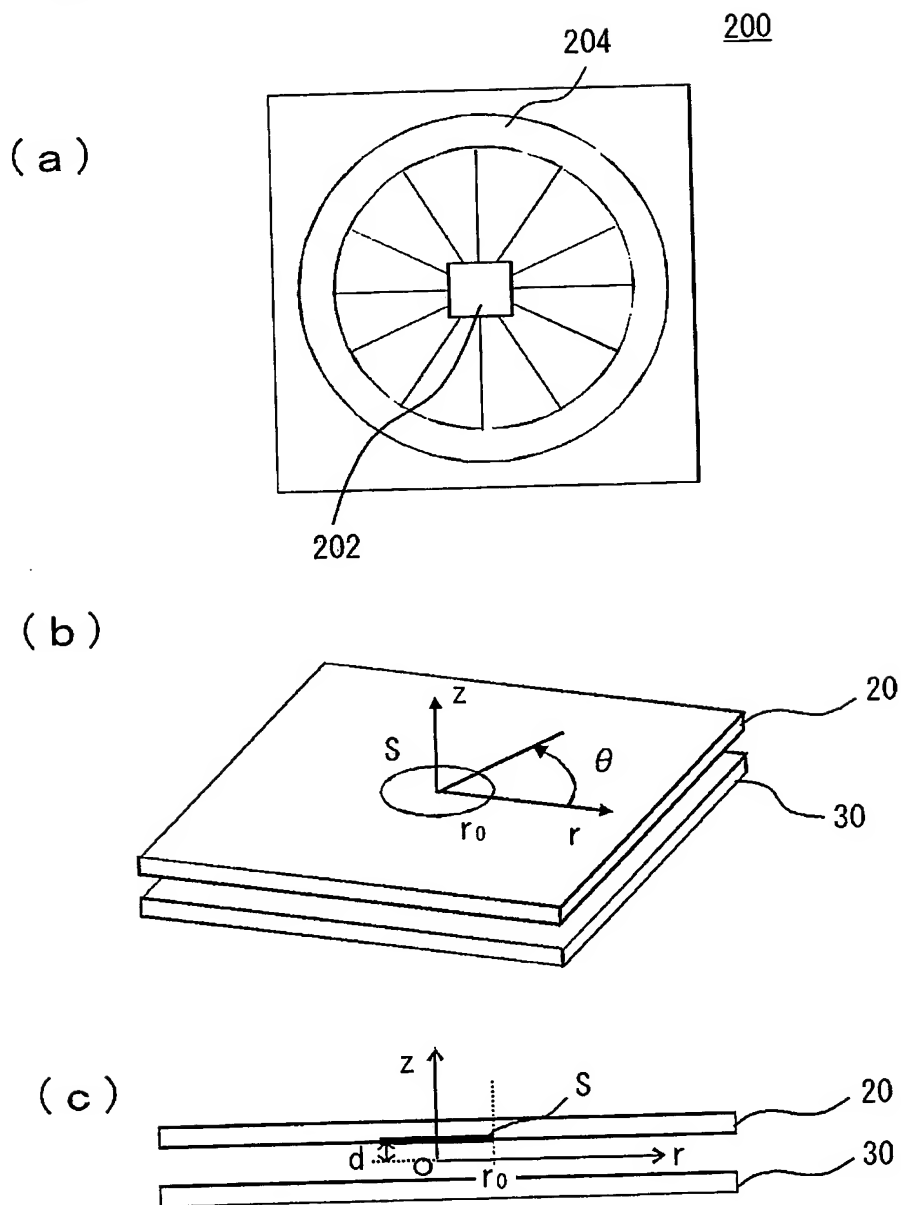


(b)

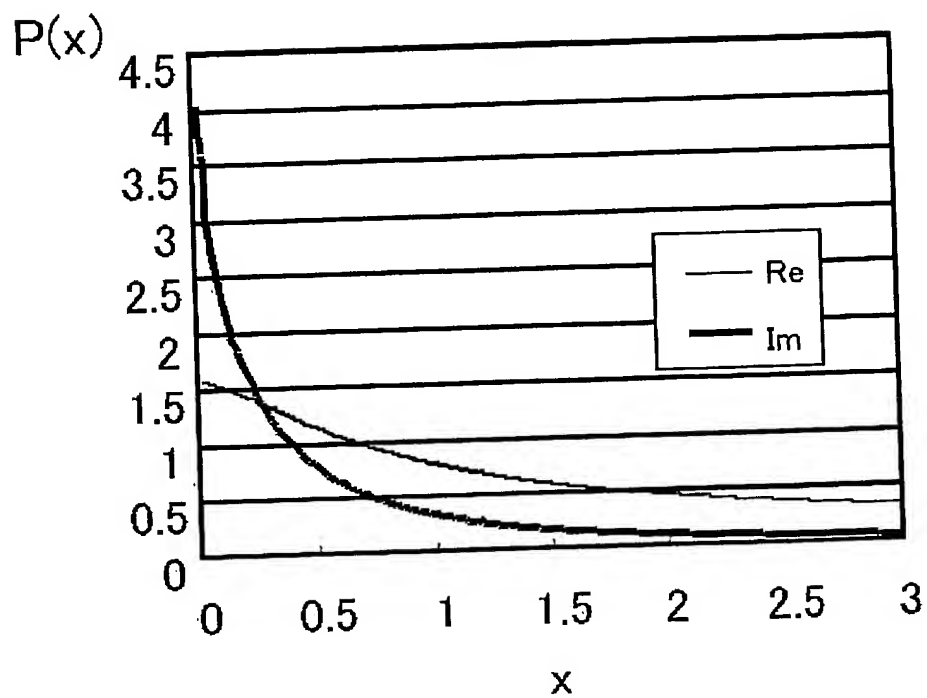
300



【図 8】

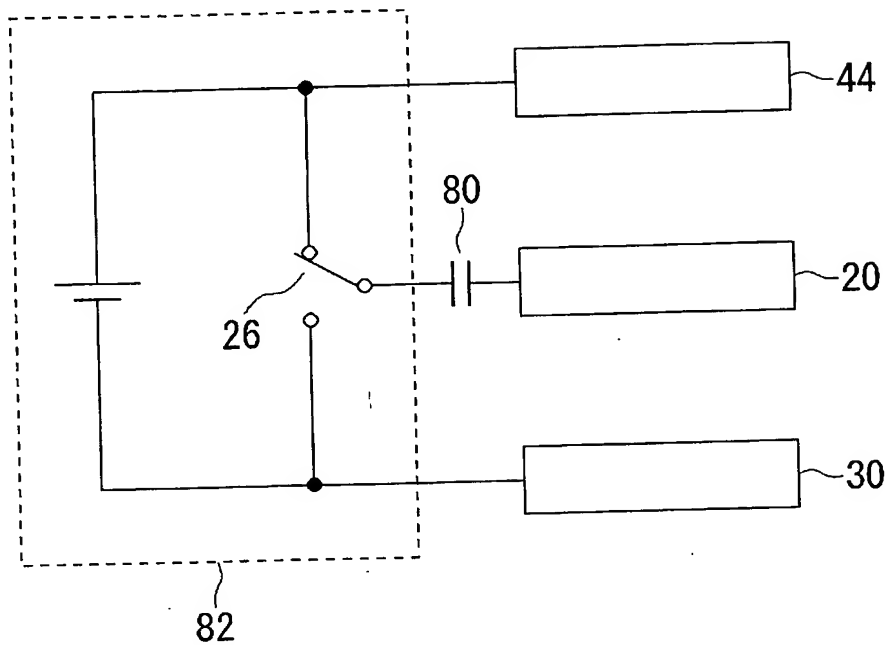


【図 9】



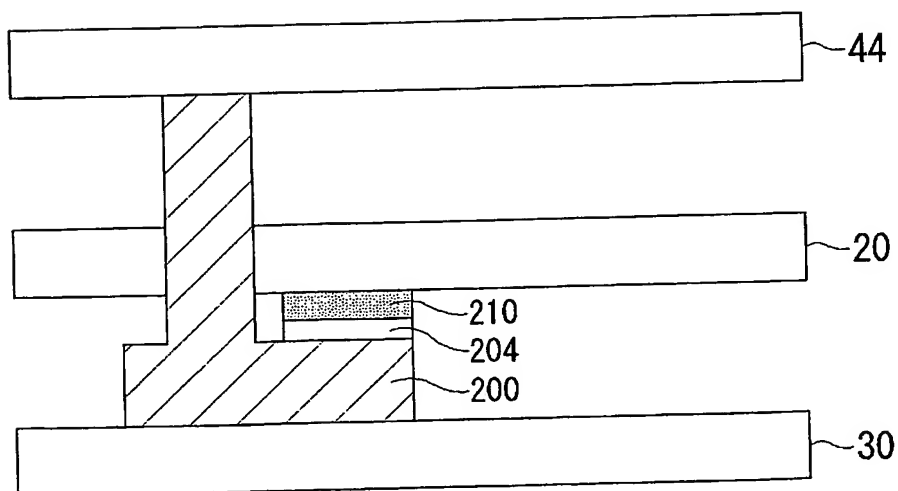
【図10】

300

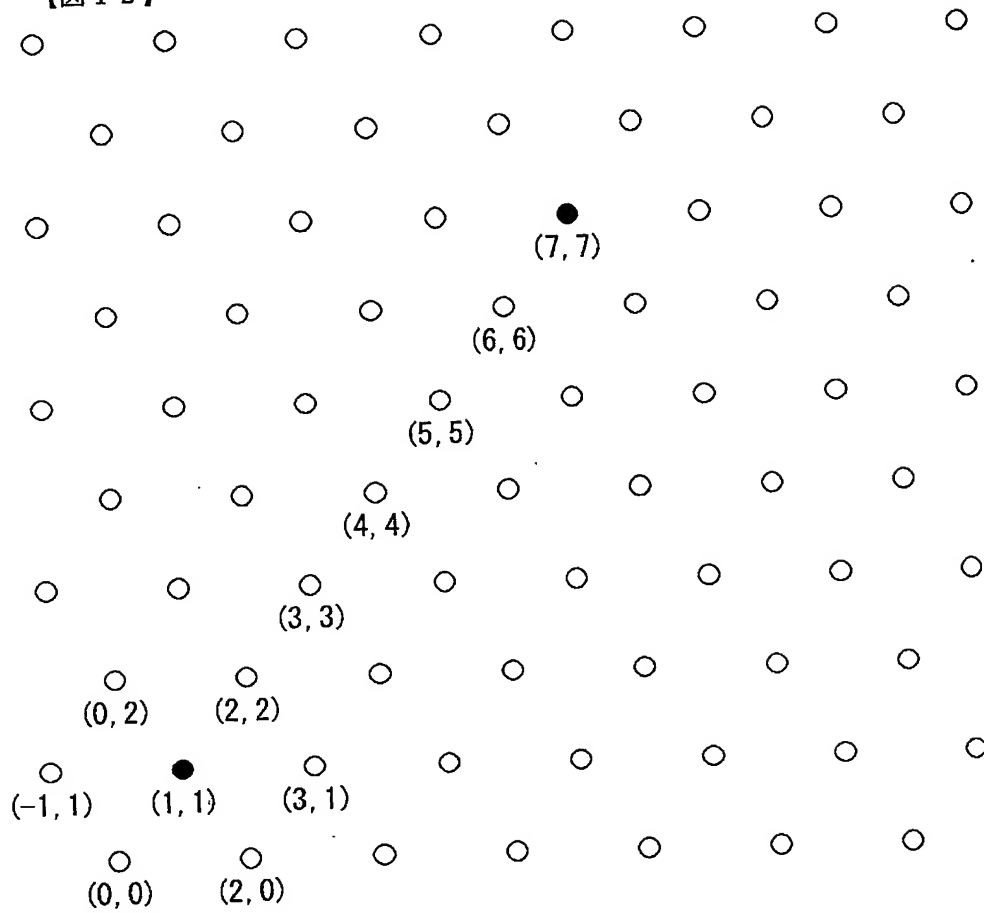


【図11】

300



【図 12】

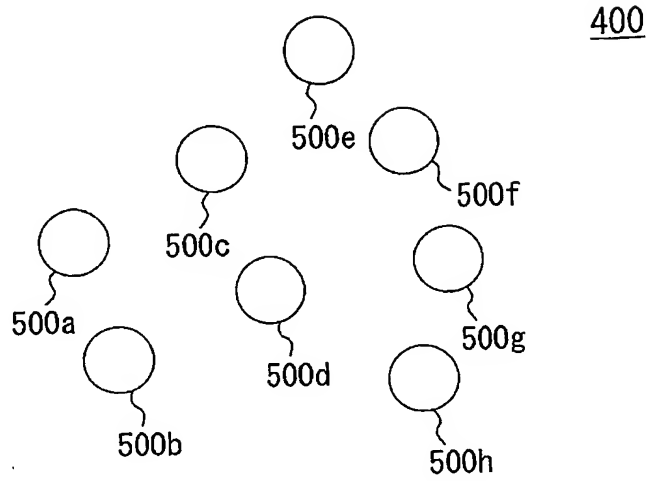


【図 13】

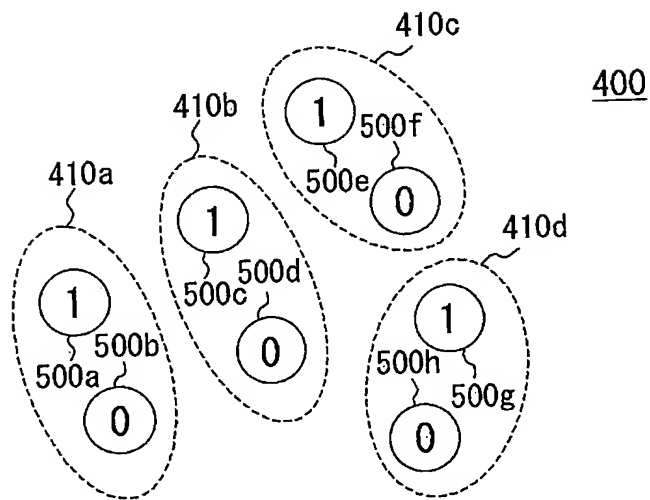
コマンド	送信元アドレス	送信先アドレス	送信データ
------	---------	---------	-------

【図 14】

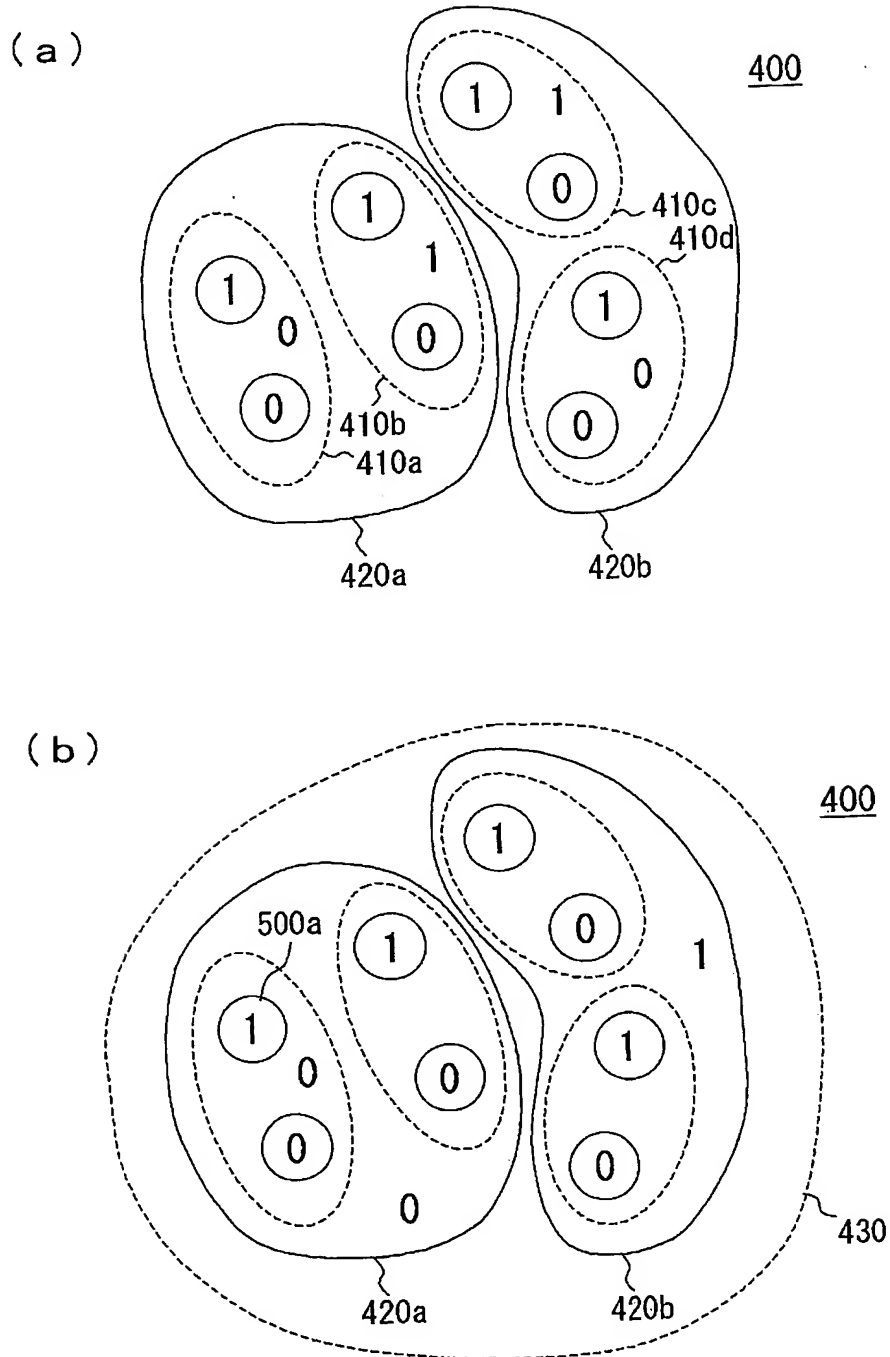
(a)



(b)



【図 15】



【図 16】

(a) ペア要求コマンド

コマンド名	作りたいペアの次数	要求レベル	送信素子の初期ID
-------	-----------	-------	-----------

(b) ペア要求受信通知コマンド

コマンド名	ペア要求コマンドを送信した素子の初期ID	送信素子の初期ID
-------	----------------------	-----------

(c) ペア確定コマンド

コマンド名	作りたいペアの次数	素子Bの初期ID
-------	-----------	----------

(d) 仮結合調査用マルチキャスト

コマンド名	作りたいペアの次数 n	n-1 次までのコマンド送信素子階層ID	コマンド送信素子の初期ID
-------	-------------	----------------------	---------------

【図 17】

(a) ペア確定マルチキャスト

コマンド名	確定したペアの回数 n	$n-1$ 次 ID	コマンド送信素子の初期 ID
-------	---------------	------------	----------------

(b) ペア確定通知コマンド

コマンド名	確定したペアの回数	選択結合にある素子の ID
-------	-----------	---------------

(c) ID書き換えマルチキャスト

コマンド名	書き換え前の初期 ID (受信すべき素子 ID)	書き換え後の初期 ID
-------	-----------------------------	-------------

(d) 選択結合調査用マルチキャスト

コマンド名	作りたいペアの回数 n	$n-1$ 次までの送信素子階層 ID	コマンド送信素子の初期 ID
-------	------------------	---------------------	----------------

(e) ペア未確定コマンド

コマンド名	確定しようとするペアの回数	コマンド送信素子の初期 ID
-------	---------------	----------------

【図 18】

(a) 要求-決定交換マルチキャスト

コマンド名	作りたいペアの回数	要求、決定の別	コマンド送信素子の初期 ID
-------	-----------	---------	----------------

(b) 結合通知マルチキャスト

コマンド名	確定したペアの回数	結合素子 2 つの階層 ID	コマンド送信素子の初期 ID
-------	-----------	----------------	----------------

【図 19】

(a) 従属要求コマンド

コマンド名	従属したいペアの次数	要求レベル	送信素子の初期ID
-------	------------	-------	-----------

(b) 従属要求受信通知コマンド

コマンド名	従属要求コマンドを送信した素子の初期ID	送信素子の初期ID
-------	----------------------	-----------

(c) 従属確定コマンド

コマンド名	従属が確定したペアの次数 n	素子Bの初期ID
-------	----------------	----------

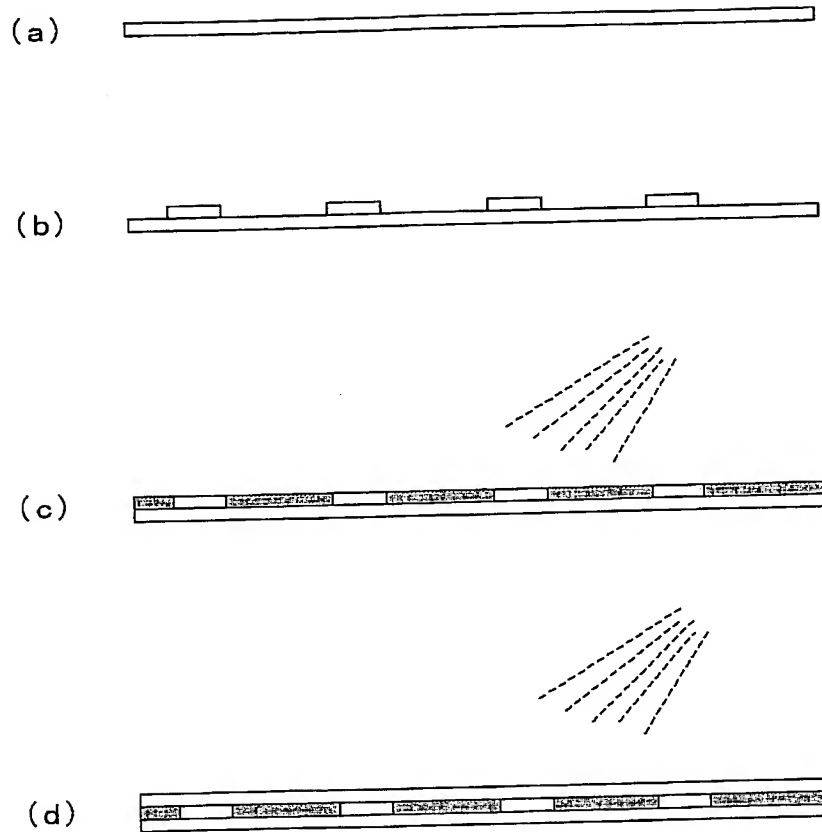
(d) 従属確定通知コマンド

コマンド名	従属が確定したペアの次数 n	n-1 次ID	素子Aの初期ID
-------	----------------	---------	----------

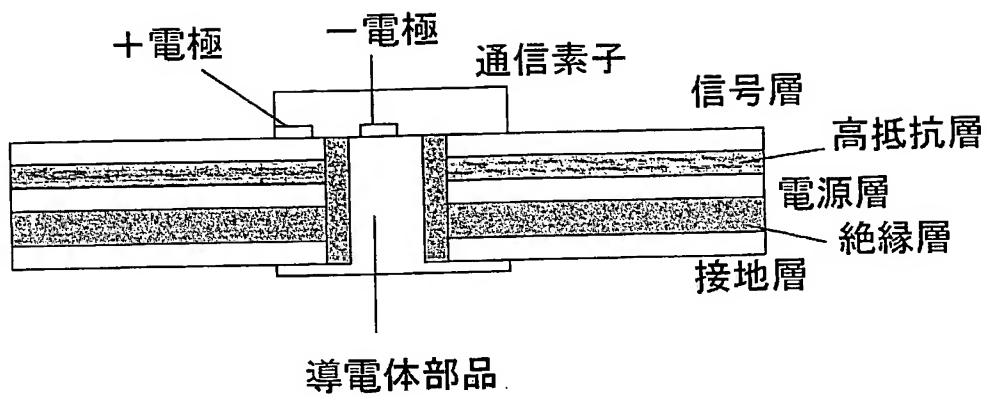
(e) 従属確定マルチキャスト

コマンド名	従属が確定したペアの次数 n	n-1 次ID	コマンド送信素子の初期ID
-------	----------------	---------	---------------

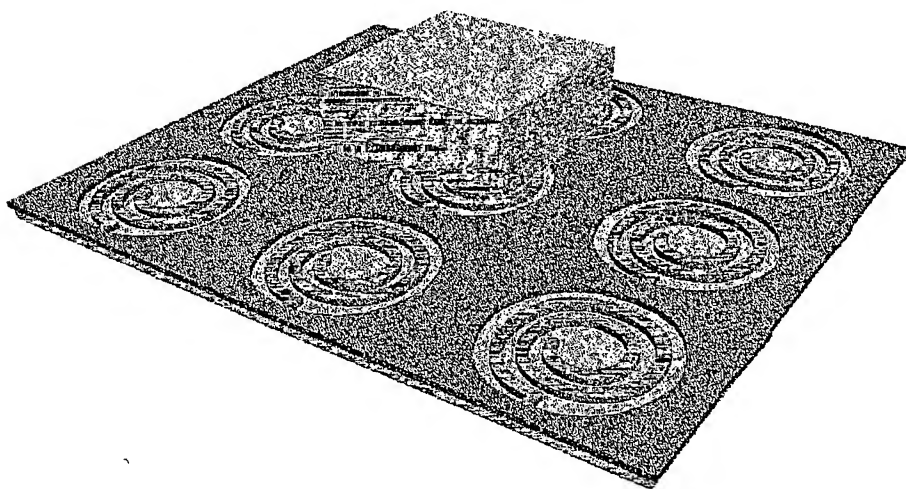
【図 20】



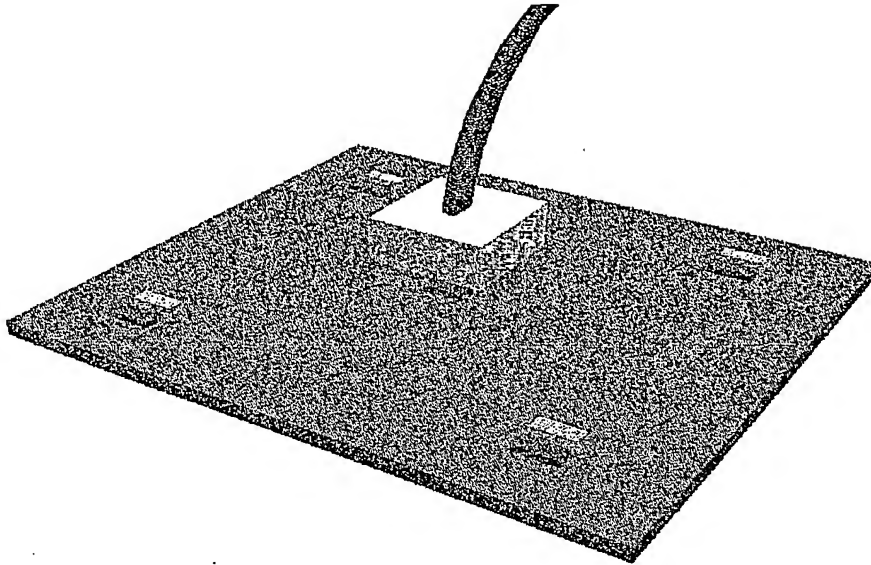
【図 21】



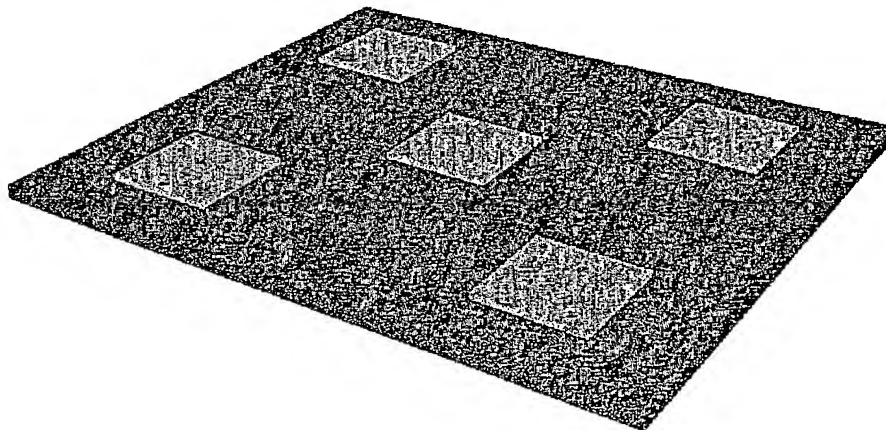
【図 22】



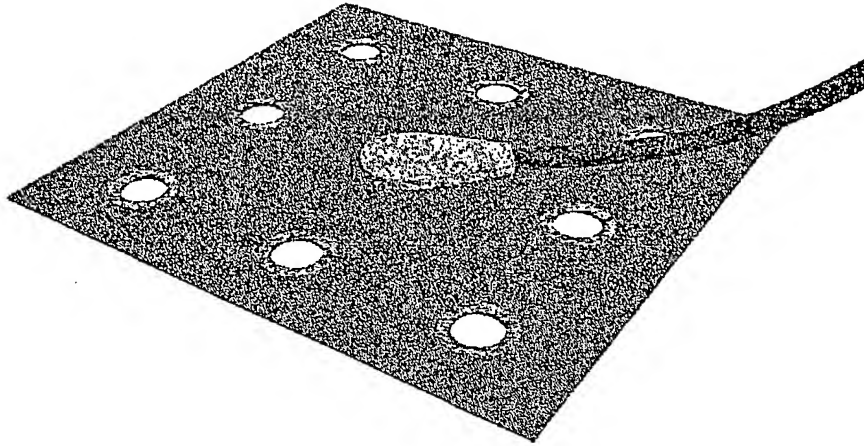
【図 23】



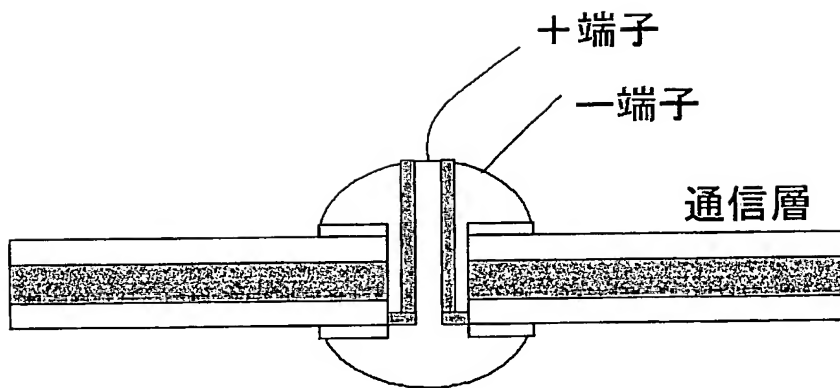
【図 24】



【図25】



【図26】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 複数の通信素子を備えた通信装置において、通信素子のグローバルな識別番号を動的に設定する方法を提供する。

【解決手段】 本発明による通信装置 4 0 0 は、複数の通信素子 5 0 0 を備え、隣接する通信素子でグループを構成し、また隣接するグループで階層的なグループを構成し、階層的な各グループ内で設定されるグループ識別番号を利用することで、通信素子の通信装置内における装置 I D を取得する。

【選択図】 図 1 4

特願 2003-189133

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[503054096]

1. 変更年月日 2003年 2月 7日
[変更理由] 新規登録
住 所 東京都千代田区六番町10-2
氏 名 株式会社セルクロス
2. 変更年月日 2004年 6月25日
[変更理由] 住所変更
住 所 東京都墨田区亀沢4-14-16
氏 名 株式会社セルクロス

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.